

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**Williane Ferreira Menezes**

**Novas alternativas de calagem da água no cultivo de tilápia-do-Nilo**

**Diamantina**

**2016**

**Williane Ferreira Menezes**

**Novas alternativas de calagem da água no cultivo de tilápia-do-Nilo**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Mattos Pedreira

**Diamantina**

**2016**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M543n      Menezes, Williane Ferreira.  
Novas alternativas de calagem da água no cultivo de tilápia-do-Nilo / Williane Ferreira Menezes, 2019.  
79 p.

Orientador: Marcelo Mattos Pedreira

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

1. Calagem dos solos. 2. Água – qualidade. 3. Peixes – criação. 4. Tilápia (peixe). I. Pedreira, Marcelo Mattos. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**CDD 639.34**

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecário Ivanilton Antônio de Oliveira, CRB-6/3359

WILLIANE FERREIRA MENEZES

**NOVAS ALTERNATIVAS DE CALAGEM DA ÁGUA NO CULTIVO DE  
TILÁPIA-DO-NILO**

Dissertação apresentada ao  
MESTRADO EM ZOOTECNIA, nível  
de MESTRADO como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
MESTRA EM ZOOTECNIA

Orientador (a): Prof. Dr. Marcelo  
Mattos Pedreira

Data da aprovação : 20/02/2019



Prof.Dr. MARCELO MATTOS PEDREIRA - UFVJM



Prof.Dr.ª MARCELA AZEVEDO MAGALHAES - UFVJM



Prof.Dr. LUCAS LIMA VERARDO - UFVJM



Prof.Dr. AFONSO PELCI - UFPA

DIAMANTINA

À Deus, o que seria de mim, sem a fê que tenho Nele.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, William e Claudia, pelo amor incondicional, e pela liberdade que sempre me deram apoiando minhas escolhas. Este momento é fascinante e só existe porque vocês se doaram em silêncio e aceitaram viver comigo o meu sonho. Com o apoio de vocês sempre me senti forte para seguir em frente, vocês são o meu exemplo!

Ao meu irmão, Leonardo, por ser minha metade, pelo carinho e cumplicidade, por me fazer sentir que a família é nosso maior apoio. Ao Roger, por sempre que preciso ceder um olhar de apoio, uma palavra de incentivo, um gesto de compreensão e uma atitude de amor.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri que em suas condições proporcionou condições para o desenvolvimento deste trabalho. Ao departamento de zootecnia e aos professores meu agradecimento eterno pelas experiências compartilhadas, que tanto me serviram de aprendizado. Ao Prof. Dr. Marcelo Mattos Pedreira, pela orientação, pelos seus ensinamentos e conselhos, e acima de tudo pela confiança depositada em mim neste processo. Ao professor Dr. Enilson de Barros Silva e aos técnicos Lindomar Souza e Eglerson Duarte pela contribuição com parte do material essencial a este trabalho. Ao professor Dr. Gustavo Henrique de Frias Castro e a técnica Elizandra por disponibilizar o Laboratório de Nutrição Animal.

Aos colegas do Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática da UFVJM: André Lima, Clarisse Matos, Emilene Rodrigues, Imaculada Ananias, Matheus Chagas, Matheus Philip, Stella Lobato e Talita, agradeço de coração todo apoio durante esse período de trabalho e no desenvolvimento desta pesquisa. Aos amigos, Victoria Amôedo, Karen Kione, Kleyce Ávila por fazerem dos meus dias menos tensos e mais divertidos, em especial ao Thiago Ferreira, por despertar em mim o desejo da pós-graduação.

A Marcela Azevedo Magalhães, Lucas Lima Verardo e Afonso Pellli, membros da banca examinadora, pelas considerações valiosas.

A CAPES pela bolsa de auxílio Financecode 001.

À FAPEMIG, CNPq e Banco do Nordeste pelo financiamento da pesquisa.

O meu muito obrigado!

## RESUMO

Foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar o silicato de cálcio e o solo, comparando-os aos produtos convencionais de calagem (calcário calcítico, calcário dolomítico), verificando seus efeitos sobre a estabilidade do ambiente e no desenvolvimento de tilápia nas fases de juvenis e larvas. O primeiro experimento teve duração de 60 dias e o segundo 30 dias, organizados em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Foram utilizados 250 juvenis e 375 larvas de tilápia-do-Nilo. Os parâmetros medidos em ambos os experimentos foram: condutividade ( $\text{mS cm}^{-1}$ ); pH; potencial redox (mV); salinidade (%); turbidez (NTU); amônia ( $\text{mg L}^{-1}$ ); nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ); nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ); alcalinidade ( $\text{mg L}^{-1}$ ); dureza ( $\text{mg L}^{-1}$ ); cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ ); magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ); sílica ( $\text{mg L}^{-1}$ ); peso (g), comprimento padrão (cm), comprimento total (cm), biomassa (g) e sobrevivência (%). A partir dos registros foi calculado o ganho de peso (g), ganho de biomassa (g), conversão alimentar e fator de condição de Fulton (K). Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey a 5%. Para os juvenis o silicato de cálcio apresentou melhores resultados em relação ao consumo, comprimento total e ganho de peso do que os observados no solo e equivalentes de consumo individual, peso, ganho de peso, biomassa, comprimentos padrão e total e conversão alimentar ao dos calcários calcítico e dolomítico. O pH apresentou melhores resultados para o Silicato, sendo semelhante ao tratamento Calcítico, que não diferiu do Dolomítico. A alcalinidade e a sílica apresentaram maiores valores no calcítico, a dureza e o cálcio apresentaram maiores valores no silicato e no calcítico em relação ao controle e o solo. Para as larvas os parâmetros de desempenho e os dados de oxigênio dissolvido na água, nitrito, nitrato e magnésio não apresentaram diferenças entre os tratamentos. O pH foi maior no silicato e no calcítico. A alcalinidade foi maior no silicato, e a dureza foi maior nos tratamentos que receberam calagem. O cálcio dissolvido foi maior nos tratamentos calcítico e silicato e a sílica apresentou maiores valores no tratamento silicato. Nos dois experimentos, o silicato de cálcio foi uma alternativa viável e recomendada para a calagem no desempenho dos animais e na qualidade da água, pois apresenta resultados equivalentes aos calcários calcítico e dolomítico. O solo apresentou uma baixa capacidade tampão na água, não tão eficiente como os demais produtos utilizados.

**Palavras-chave:** alcalinidade; calagem; dureza; pH; qualidade da água; sistema fechado.

## ABSTRACT

Two experiments were carried out to evaluate calcium silicate and soil, comparing them to conventional liming products (calcitic limestone, dolomitic limestone), verifying their effects on the stability of the environment and the development of juveniles and tilápialarvae. The first experiment lasted 60 days and the second 30 days, organized in a completely randomized design with five treatments and five replicates. 250 juveniles and 375 Nile tilápia larvae were used. The parameters measured in both experiments were: conductivity (mScm<sup>-1</sup>); pH; redox potential (mV); salinity (‰); turbidity (NTU); ammonia (mg L<sup>-1</sup>); nitrite (mg L<sup>-1</sup>); nitrate (mg L<sup>-1</sup>); alkalinity (mg L<sup>-1</sup>); hardness (mg L<sup>-1</sup>); calcium (mg L<sup>-1</sup>); magnesium (mg L<sup>-1</sup>); silica (mg L<sup>-1</sup>); weight (g), standard length (cm), total length (cm), biomass (g) and survival (%). From the records, weight gain (g), biomass gain (g), feed conversion and Fulton condition factor (K) were calculated. Data were submitted to ANOVA and Tukey test at 5%. For juveniles, calcium silicate presented better results (consumption and total length and weight gain) than those observed in soil and equivalents (individual consumption, weight, weight gain, biomass, standard and total lengths and feed conversion) calcitic and dolomitic limestones. The pH presented better results for the Silicate, being similar to the Calcitic treatment, which did not differ from the Dolomite. Alkalinity and silica had higher values in the calcitic, the hardness and the calcium presented higher values in the silicate and in the calcitic in relation to the control and the soil. For the larvae the performance parameters and dissolved oxygen data in water, nitrite, nitrate and magnesium did not differ, there were no differences between treatments. The pH was higher in the silicate and in the calcitic. The alkalinity was higher in the silicate, and the hardness was higher in the treatments that received liming. The dissolved calcium was higher in the calcitic and silicate treatments and the silica presented higher values in the silicate treatment. In both experiments, calcium silicate is a viable alternative and recommended for liming, as it presents results equivalent to calcitic and dolomitic limestones. The soil presented a buffer capacity in the water, however, not as efficient as the other products used.

**Key Word:** alkalinity; liming; hardness; pH; water quality, indoor system.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios e desvio da composição do solo utilizado.....	27
Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão e coeficiente de variação obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem .....	29
Tabela 3 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem.....	30
Tabela 4 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem.....	31
Tabela 5 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem.....	32
Tabela 6 – Médias e desvios padrões das interações entre tratamento e dias das variáveis pH, condutividade elétrica, amônia, dureza, cálcio e magnésio.....	34
Tabela 7 – Valores médios e desvio da composição do solo utilizado.....	49
Tabela 8 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem .....	52
Tabela 9 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem .....	53
Tabela 10 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem .....	54
Tabela 11 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem .....	55
Tabela 12 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem .....	56
Tabela 13 – Médias e desvios padrões do desdobramento das interações entre tratamentos e dias das variáveis: Condutividade elétrica, turbidez, amônia, nitrito, dureza, cálcio e sílica ..	58

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivos Gerais .....	10
1.2 Objetivos Específicos .....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
2.1 Aquicultura no Brasil e no Mundo .....	10
2.2 Tilapicultura .....	11
2.3 Qualidade da água .....	11
2.4 Relação do solo e sua influência na qualidade da água .....	16
2.5 Mecanismos de controle da qualidade da água .....	16
2.6 Calagem.....	17
2.7 Calcário Calcítico e Dolomítico .....	18
2.8 Silicato de cálcio .....	18
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>20</b>
<b>ARTIGOS:.....</b>	<b>25</b>
<b>4 SILICATO DE CÁLCIO E SOLO NO CULTIVO DE LARVAS DE TILÁPIA-DO-</b>	
<b>NILO .....</b>	<b>25</b>
4.1 Introdução.....	25
4.2 Material e Métodos .....	26
4.3 Resultados .....	28
4.4 Discussão .....	35
4.5 Conclusão.....	40
4.6 Referências Bibliográficas .....	41
<b>5 SILICATO DE CÁLCIO E SOLO NO CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-</b>	
<b>NILO .....</b>	<b>47</b>
5.1 Introdução.....	47
5.2 Material e Métodos .....	48
5.3 Resultados .....	50
5.4 Discussão .....	59
5.5 Conclusão.....	64
5.6 Referências Bibliográficas .....	64
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL.....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a aquicultura tornou-se uma das atividades de produção de proteína animal mais importante no mundo, vista como alternativa viável para redução da pobreza e garantia da segurança alimentar em vários países (LIMA et al., 2015). O Brasil se destaca como um dos países de maior potencial para a expansão da aquicultura, por sua extensa área costeira, vasta disponibilidade de água doce e elevadas temperaturas (SOUZA et al., 2014). Entre 1961 e 2016 o aumento médio anual de consumo alimentar de peixe (3,2 %) excedeu o da carne de todos os animais terrestres combinados (2,8 %). Em termos per capita, o consumo de peixe aumentou de 9,0 kg em 1961 para 20,2 kg em 2015, a uma taxa média de cerca de 1,5 % ao ano. Estimam para 2016 e 2017 um crescimento adicional para cerca de 20,3 e 20,5 kg, respectivamente (FAO, 2018).

A intensificação na produção tem demandado elevada quantidade de água, e as características físicas, químicas e biológicas da mesma influenciam diretamente o desempenho e na produção dos peixes (HERNÁNDEZ, 2014). Muitos viveiros de peixes são construídos em solos ácidos que apresentam valores baixos de pH, concentrações de alcalinidade e dureza reduzida e para minimizar estes problemas é realizada a calagem, que consiste na aplicação de compostos ricos em cálcio (BOYD, 2002). Os principais materiais para a calagem são o calcário agrícola e cal (BOYD; MC NEVIN, 2015). Já o calcário calcítico e calcário dolomítico também são utilizados, porém, o silicato é considerado uma boa alternativa para substituir a cal (SMITH et al., 1994), pois o silicato de cálcio é mais solúvel do que os carbonatos (CASTRO; CRUSCIOL, 2013). Além disso, os silicatos são fontes de silício (Si) em solos altamente intemperizados, que naturalmente tem baixo teor de Si, o silício reduz efetivamente os efeitos negativos de vários estresses (NOLLA et al., 2006). Reis et al. (2013) realizando experimentos com aplicação de silicato de cálcio na cana-de-açúcar concluiu que a aplicação de silicato de cálcio no solo favoreceu o aumento de pH, Ca, Mg, Fe, Mn, e diminui os teores de (H+Al), matéria orgânica, Zn, Cu. Na aquicultura o silício é fonte para formação de frústulas das diatomáceas (BOYD, 2014).

A tilápia-do-Nilo é uma das principais espécies criadas no Brasil (FAO, 2018). Tendo como características facilidade de reprodução e obtenção de alevinos, a possibilidade de manipulação sexual hormonal para obtenção de populações masculinas, por ser eurifagos, boa conversão alimentar e bom crescimento em cultivo intensivo, tolerância a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água e alta resistência a doenças. Além da carne branca, textura firme, sem espinhos e boa aceitação pelo consumidor (NABI et al., 2017).

### 1.1 Objetivos Gerais

Avaliar a eficiência do silicato de cálcio em comparação ao calcário calcítico e dolomítico, em sistema intensivo, na capacidade de tamponamento do meio aquático e no desenvolvimento de larvas e juvenis de tilápia-do-Nilo.

### 1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a eficiência do silicato de cálcio para aumentar o pH e a alcalinidade.

Avaliar a eficiência do calcário calcítico para aumentar o pH e a alcalinidade.

Avaliar a eficiência do calcário dolomítico para aumentar o pH e a alcalinidade.

Avaliar a eficiência do solo para aumentar o pH e a alcalinidade.

Avaliar o desempenho dos animais nas diferentes situações de cultivo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aquicultura no Brasil e no Mundo

A demanda mundial por produtos da aquicultura têm crescido significativamente nas últimas décadas, devido ao crescimento populacional e pela busca por alimentos mais saudáveis. Visto isso, a aquicultura aparece como uma alternativa para continuar esse crescimento e aumentar a oferta nos próximos anos (FAO, 2014).

A criação de organismos aquáticos e a pesca extrativa, com destaque para os peixes, representam partes importantes da produção alimentícia mundial. A pesca extrativa vem decaindo ano a ano, por conta da redução dos estoques naturais, e em contrapartida a aquicultura vem demonstrando crescimento constante (IBGE, 2011; MPA, 2013).

A produção mundial de pescado registrada em 2014 apresentou um crescimento oito vezes maior do que a produzida em 1960, passando de 20 para 167,2 milhões de toneladas, respectivamente. Deste modo a pesca comercial contribuiu com 55,86% e a aquicultura com 44,14%, sendo a piscicultura responsável por 49,8 milhões de toneladas. O consumo mundial de peixe no ano de 2014 foi superior a 20 kg por habitante por ano ( $\text{kg hab}^{-1} \text{ano}$ ), com uma produção estimada em 167,2 milhões de toneladas (FAO, 2016). A aquicultura é uma atividade em plena expansão no Brasil e, entre as espécies mais cultivadas, destaca-se a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), sendo a mais produzida em território nacional (FAO, 2016).

## 2.2 Tilapicultura

O nome "Tilápia" foi derivado da palavra africana peixe, pertencem à família Cichlidae e existem cerca de 100 espécies, sendo a maioria nativa dos rios da África Ocidental (STERBA, 1962).

Entre as espécies de *Oreochromis*, o *O. niloticus* apresenta tolerância às condições salinas e de água fria. Foram introduzidas em um grande número de países tropicais e subtropicais em todo o mundo desde 1960. Cerca de 80 espécies de tilápia foram descritas, nas quais 10 espécies são relatadas para serem usadas para cultivo (NABI et. al., 2017).

A produção de tilápia, para consumo nacional ou para exportação, aumentou nas últimas décadas. As produções de tilápia em 2010 ultrapassaram 3,2 milhões de toneladas por ano, e é a segunda, entre os peixes, atrás apenas das carpas. Os peixes estão sendo criados em 85 países em todo o mundo, e 98% da tilápia produzida nesses países é cultivada fora dos seus habitats originais (FITZSIMMONS, 2011).

## 2.3 Qualidade da água

A qualidade da água varia muito conforme o espaço e o tempo, e é crucial para o crescimento dos organismos, sendo precedente para qualidade e quantidade do produto final. A qualidade da água é aquela para os aquicultores que permite a produção bem sucedida dos organismos desejados. O necessário a qualidade da água é determinada pelos organismos específicos a serem cultivados e tem muitos componentes que são entrelaçados (CARBAJAL-HERNÁNDEZ, 2012).

Assim a qualidade da água favorece o crescimento do plâncton, que pode servir como alimento para os peixes, e a má qualidade da água resulta facilmente na redução dos rendimentos e diminuição da qualidade da produção.

Várias condições de qualidade da água e fatores ambientais, como temperatura elevada da água, alta intensidade de luz e aumento nutrientes favorecem o crescimento de organismos aquáticos (PINEDA-MENDOZA et al., 2016). Mudanças nas taxas de temperatura podem causar estresse nos animais e, conseqüentemente, altas taxas de mortalidade podem estar presentes na população. A temperatura controla a solubilidade de gases, reações químicas e toxicidade da amônia (CARBAJAL et al., 2011).

A temperatura regula os processos fisiológicos e bioquímicos dos peixes, agindo sobre a fisiologia podendo ser um fator de estresse ou letal, quando abaixo ou além das tolerâncias térmicas das espécies (HARBORNE, 2013), controlando atividades como reprodução, migração e alimentação.

A avaliação dos efeitos do aquecimento climático na atividade do peixe é um desafio complexo visto que a elevação da temperatura atua sobre o peixe, e os peixes podem influenciar as características do habitat e funcionamento do ecossistema (SHIRAKAWA et al., 2013).

O pH indica a acidez da água e pode ocorrer em locais em que o solo contém cátions ácidos, que sob condições de oxigenação, forma ácidos. A presença de ácidos húmicos e fúlvicos formados no solo através da composição da matéria orgânica, também pode reduzir o pH da água. O fitoplâncton e as plantas aquáticas diminuem o  $\text{CO}_2$  disponível na água durante o dia fazendo que aumente o pH da água (BALDISSEROTTO, 2011).

Vários processos importantes na aquicultura adicionam ácidos ou bases à água (isto é, alteram a alcalinidade) ou fazem com que as concentrações de  $\text{CO}_2$  mudem, e mudanças pequenas em qualquer das variáveis farão com que o pH mude. Mudanças sazonais e diárias na atividade biológica causadas pela concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido e, a relação com o sistema de alcalinidade dos bicarbonatos e dos carbonatos fazem com que o pH mude. O  $\text{CO}_2$  reage com a água para produzir  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , o que reduz o pH da água. Assim, durante os períodos em que a respiração excede a fotossíntese (à noite, por exemplo), o  $\text{CO}_2$  acumula-se e o pH diminui (BOYD et al., 2016). A maioria das espécies de peixes tem o crescimento afetado em pH abaixo de 6,0 ou acima de 9,0 (PARRA; BALDISSEROTTO, 2007).

A fonte de acidez na maioria dos solos dos tanques é o íon de alumínio, a argila e partículas de matéria orgânica que são carregadas negativamente e atraem cátions para suas superfícies. Os agentes de calagem neutralizam a acidez e os íons de cálcio substituem os íons de alumínio dos locais de troca de cátions para que o solo fique menos ácido. Águas em tanques com solos ácidos têm tipicamente baixas concentrações de bicarbonato, carbonato, cálcio e magnésio, deixando-as susceptíveis às bruscas mudanças no pH (BOYD et al., 2002).

A alcalinidade é um parâmetro importante para a vida aquática, visto que ela indica a oferta de carbono inorgânico, fonte de nutrientes para o fitoplâncton, que tem muitas vezes como a fonte mais importante a decomposição da matéria orgânica. Contudo, quando o  $\text{CO}_2$  dissolvido está ausente, o  $\text{CaCO}_3$  se dissolve para produzir dureza e concentrações de alcalinidade (BOYD et al., 2016).

A alcalinidade total da água é definida como a concentração de bases tituláveis, principalmente bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), sendo que na maioria das águas naturais, quase toda a alcalinidade é derivada de  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{OH}^-$ , e é expressa em  $\text{mm L}^{-1}$  de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A calagem, principalmente com o uso de calcário  $\text{CaCO}_3$ , é uma prática para aumentar a alcalinidade que pode precipitar o  $\text{CaCO}_3$  em algumas águas

durante o uso (BOYD, 2016). Nos sistemas de aquicultura fechados e semifechados a alcalinidade tende a diminuir ao longo do tempo, enquanto a dureza tende a aumentar com o tempo.

O calcário é importante fonte de alcalinidade e dureza, e o silicato de cálcio é fonte de alcalinidade em águas naturais (ITTEKKOT, 2003). A capacidade neutralizante dos materiais de calagem é baseada na quantidade de acidez que eles neutralizarão em comparação com o  $\text{CaCO}_3$  puro ao qual é atribuído um valor neutralizante de 100%, o calcário dolomítico apresenta 109% e o silicato de cálcio 86% (BOYD et al, 2016).

Processos químicos e biológicos que ocorrem em água, como a nitrificação bacteriana, liberam íons  $\text{H}^+$  a água diminuindo assim a sua alcalinidade (POLEO et al., 2011). Água com baixa alcalinidade é mais suscetível a acidificação do que a água com alta alcalinidade. A alcalinidade da água pode ser aumentada pela adição de sais carbonatados, como o calcário (carbonato de cálcio) (FURTADO et al., 2011).

A produtividade do fitoplâncton e a produção de peixes em águas naturais tendem a aumentar com maiores alcalinidades. As relações positivas entre alcalinidade e produção de peixe foram observadas em águas naturais relativamente não poluídas e substâncias inorgânicas dissolvidas - incluindo nutrientes - eram principalmente de origem natural (MOYLE, 1946). A água usada para a aquicultura deve ter uma alcalinidade  $\geq 20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  (em água doce) (ANDRADE et al., 2007) e alcalinidade  $\geq 100 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  (em água salgada) (FERREIRA et al., 2011).

A dureza é dada pela quantidade de íons dissolvido na água, principalmente cálcio e magnésio. Os efeitos da calagem na dureza total da água variam dependendo dos sais utilizados. Segundo Burtle (2015), o calcário deve ser aplicado no solo ou na água quando a dureza da água for inferior a  $25 \text{ mg L}^{-1}$ . Os peixes parecem desenvolver sob ampla faixa de dureza. Seals et al. (1994) afirmam que a dureza da água de 12,5 a  $200 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  não afetou significativamente o peso, conversão alimentar, fator de condição de Sunshine bass após 42 dias. Já a sobrevivência larval e o crescimento do bagre africano e do peixe-gato de prata foi maior na faixa de dureza da água de 60-70  $\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  (TOWNSEND et al., 2003). Shaheen et al. (2017) estudando o efeito de diferentes níveis de dureza (350, 450, 550 e 650  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCl}_2$ ) no crescimento de tilápia observaram mortalidade e que a concentração preferida em que o peixe apresentou crescimento máximo foi de 550  $\text{mg L}^{-1}$ .

Aplicação de calcário beneficia o desenvolvimento dos organismos aquáticos, fornecendo cálcio, necessário para o crescimento da concha de moluscos, produção de exoesqueleto em insetos e lagostins e produção de ossos em peixes. O baixo teor de cálcio na

água pode prejudicar a osmorregulação dos peixes e, conseqüentemente, o crescimento. As águas mais duras podem exercer alguma proteção contra acidez e alcalinidade em peixes. Por outro lado, o cálcio excessivo (e tóxico) transmitido pela água pode estar associado com deficiência osmótica em peixes. A entrada contínua de cálcio através do fornecimento de ração para os peixes aumenta a dureza da água (POLEO et al., 2011).

O potencial redox (ORP) é a capacidade da molécula de perder ou ganhar elétrons. Quando a substância recebe elétrons são chamadas de oxidantes, e quando doa elétrons é chamada de redutoras. Estes tipos de reações geram carga elétrica no meio chamada de potencial redox, que indica a proporção entre substâncias oxidadas e reduzidas (VINATEA, 2004). ORP mede a capacidade da água de limpar ou quebrar produtos contaminantes ou matéria orgânica de plantas e animais mortos. Quando o valor do ORP é alto, significa que existe muito oxigênio presente na água. Isso quer dizer que as bactérias que decompõem tecidos mortos e contaminantes podem trabalhar com maior eficiência. Assim, quanto maior o valor do ORP, mais saudável será a água.

Valores elevados de condutividade elétrica (CE) são relacionados à própria dinâmica de manejo dos tanques de peixes, onde constantemente se adicionam grandes quantidades de matéria orgânica advinda da alimentação. Parte desse alimento não é aproveitado pelos peixes, nos quais são metabolizados no processo de decomposição liberando íons para a coluna de água incrementando a condutividade elétrica. A CE de água pode ser usado como um índice de eutrofização já que as águas ricas em nutrientes têm concentrações mais altas de cátions e ânions, tais como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$ . Assume-se que as águas de tanques com CE até  $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$  são adequados para a aquicultura (AKKOYUNLU; AKINER, 2012). Sipaúba-Tavares (1994) cita que valores altos de condutividade elétrica pode indicar grau de decomposição elevado.

O oxigênio dissolvido em tanques é monitorado por ser o primeiro parâmetro de qualidade da água que pode ser afetado através do aumento da alimentação e do metabolismo dos peixes. Muitos casos da depleção de oxigênio dissolvido em águas com peixes são resultado de altas taxas de respiração noturna pela densa comunidade planctônica, respiração dos peixes, respiração de organismos bentônicos e decomposição bacteriana (SUMAGAYSAY-CHAVOSO, 2003).

Já a amônia é o resíduo nitrogenado mais abundante produzido através do catabolismo dos aminoácidos, sendo, na água, ela é reduzida a nitrito pela nitrificação bacteriana antes de ser convertida a nitrato em condições aeróbicas (COSTA et al., 2004). Ela é tóxica não apenas para peixes, mas também para animais aquáticos, especialmente em tanques com baixas



concentrações de oxigênio dissolvido, e nas formas: ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ), sendo sua toxicidade atribuída principalmente a forma não-ionizada (FOSS et al., 2003). Níveis tóxicos de amônia não-ionizada para curtas exposições estão entre 0,6 e 2  $\text{mg L}^{-1}$ . Dois principais fatores que afetam a concentração de amônia em tanques são: a taxa de excreção pelos peixes e a difusão pelos sedimentos que representa uma parte da amônia externa. Algas utilizam amônia para o crescimento e produção de oxigênio, e a presença de maiores cargas nitrogenadas aumenta a produtividade primária nos tanques, com mais alimentos disponíveis para o máximo crescimento dos peixes (EL-SHAFAI et al., 2004). A exposição contínua a concentrações de amônia tóxica acima de 0,02  $\text{mg L}^{-1}$  pode causar intensa irritação e inflamação nas brânquias.

A toxicidade de  $\text{NO}_2^-$  tem sido associada ao hematócrito e redução de hemoglobina, meta hemoglobina, que prejudicam o transporte de oxigênio. O nitrito é um composto intermediário da transformação da amônia em nitrato, e pode ser tóxico para peixes (FRANCES et al., 1998). Como resultado da ação da nitrificação bacteriana, a amônia é reduzida a nitrito, e em sistemas fechados, bem como tanques de terra, ambos podem acumular para níveis tóxicos. O aumento nas concentrações de nitrito na água induz a acumulação deste no sangue e tecidos, produzindo reações complexas resultando em derivados tóxicos com ação deletéria nos processos fisiológicos dos peixes (COSTA et al., 2004). Sob estresse de amônia, os peixes não comem e nem digerem o alimento. Como consequência, mais ração é desperdiçada no tanque ou no ambiente e o aumento da quantidade de matéria orgânica em decomposição na água aumenta a concentração de amônia (SKOV et al., 2011).

O processo de nitrificação faz com que ocorra perda de alcalinidade, removendo dois equivalentes de alcalinidade para cada equivalente de nitrogênio amoniacal oxidado, enquanto a desnitrificação pode substituir apenas um equivalente de  $\text{OH}^-$  para cada equivalente de nitrato reduzido a nitrogênio gasoso. Em um tanque com muita entrada de nitrogênio amoniacal, o efeito geral dos dois processos é perda de alcalinidade, mesmo que todo o nitrato da nitrificação seja desnitrificado, ou seja, a nitrificação e desnitrificação estejam perfeitamente ligadas (SUDARNO et al., 2011). Se os tanques recebem muito fertilizante de nitrato, uma prática incomum haveria muito mais desnitrificação do que a nitrificação e a alcalinidade tenderia a aumentar (BOYD et al., 2016).

## **2.4 Relação do solo e sua influência na qualidade da água**

A importância do solo na aquicultura está diretamente relacionada com a qualidade do mesmo. Para classificar como aceitável para tanques de criação de peixe, o solo deve apresentar algumas características como grau de compactação e quantidade de argila. A área do fundo do tanque deve ser limpa de vegetação e a camada superior de 25 a 75 cm de solo removida (BOYD; QUEIROZ, 2014). O solo original é alterado durante a construção do viveiro e com os manejos diários do sistema de produção aquícola, devido a deposição de sedimentos, de plânctons mortos, fezes do peixe cultivado, fertilizantes orgânicos e ração não consumida (BOYD; QUEIROZ, 2014).

É indicado esvaziar os tanques de produção após a retirada dos animais e antes da próxima safra, para que seja feita a secagem do solo do fundo do tanque. Essa prática diminui a ação microbiana, a quantidade de patógenos e outros organismos indesejados. Porém, quando o tanque é reabastecido, após a secagem completa, haverá escassez de organismos bênticos, que servem como alimento para a fase pós larvas ou alevinos. Além disso, a água usada para encher os tanques pode ter características baixas de nutrientes e plâncton (BOYD; QUEIROZ, 2014).

O solo tem papel importante reagindo com a água, trocando e proporcionando o equilíbrio de diversos elementos, o que também proporciona a capacidade de tamponamento, evitando flutuações ambientais. No entanto, apesar da capacidade de troca de íons ser conhecida ela e o seu efeito de tamponamento não vêm sendo quantificada para a aquicultura (BOYD; QUEIROZ, 2014).

## **2.5 Mecanismos de controle da qualidade da água**

O sucesso das empresas aquícolas depende da qualidade da água em tanques de peixes. Os aquicultores, cientes de que a produtividade do tanque depende muito de sua limnologia, buscam melhorias nas condições de qualidade da água. Entre os aspectos importantes relativos à qualidade da água dos tanques de peixes, destaca-se o equilíbrio ácido-básico da água, relacionado ao seu pH, alcalinidade e concentração de CO<sub>2</sub> livre.

As relações entre essas variáveis precisam ser entendidas para gerenciar eficientemente os tanques de peixes (KUBITZA, 2000). Em unidades de troca de água, a calagem pode ser realizada para aumentar o pH da água e a alcalinidade.

## 2.6 Calagem

A calagem visa aumentar o pH do solo e consequentemente diminuir sua acidez, e esse mesmo efeito ocorre quando utilizado na água. Todos os materiais de calagem produzem aumento na alcalinidade total quando aplicada em quantidade equivalente (PAUL; ALAM, 2011). A calagem também promove reorganização biológica e influencia os fatores físicos e químicos dos corpos d'água, resultando em respostas favoráveis da biota em curto período de tempo. A calagem é realizada com a pulverização do calcário ou outro produto equivalente (BOYD; TUCKER, 1998).

Os efeitos da acidificação e calagem sobre os peixes podem incrementar a sobrevivência de espécies sensíveis à acidez, interferir na troca iônica que ocorre nas brânquias, combater enfermidades de peixes e atuar no transporte celular ativo durante a fase embrionária e após a eclosão dos ovos. O produto mais comum de calagem para a aquicultura é o calcário agrícola, que consiste em carbonato de cálcio ou mistura de carbonatos de cálcio e magnésio. O carbonato de cálcio puro ( $\text{CaCO}_3$ ) é conhecido como calcário calcítico, enquanto a mistura 1:1 de carbonato de cálcio e magnésio ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) é chamado de calcário dolomítico (BOYD; MCNEVIN, 2015).

O calcário agrícola quando aplicado ao solo ácido ou a água, neutraliza a acidez ( $\text{H}^+$ ) e aumenta o pH, também reage com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) na água para aumentar a concentração de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) que é a principal fonte de alcalinidade na maioria das águas. O tratamento de calcário agrícola não aumenta o pH a ponto de prejudicar os peixes ou outras formas de vida aquática nos sistemas de aquicultura. A cal é feita pelo aquecimento de calcário a alta temperatura em um processo chamado calcinação. O produto resultante ( $\text{CaO}$ ) é chamado cal queimada, cal viva ou cal não virgem (BOYD; MCNEVIN, 2015).

Quando colocados calcário e cal hidratada na água, esses reagem para produzir íons cálcio e íon hidroxila. O íon hidroxila é básico e pode elevar o pH para 10 ou 12 após o tratamento, resultando em toxicidade para organismos aquáticos. As aplicações de calcário superiores a  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  devem ser evitadas em tanques contendo peixe ou camarão por causa da possível toxicidade do pH. O efeito de pH elevado da cal dura apenas algumas horas ou dias, com isso os animais não devem ser transferidos para os tanques por 3 ou 4 dias após a aplicação da cal e tratamento com calcário (BOYD; MCNEVIN, 2015).

Há relação da mortalidade com a calagem porque quando realizada com elevadas concentrações de metais na água, pode provocar a precipitação de hidróxidos nas brânquias e levar os peixes à morte, devido ao estresse sobre os sistemas de osmorregulação e ventilação.

## 2.7 Calcário Calcítico e Dolomítico

O calcário é utilizado para corrigir a acidez do solo e também da água, ao mesmo tempo em que faz essa correção, o calcário também fornece cálcio e magnésio. O calcário com maior concentração de óxido de cálcio (CaO) e baixo teor de óxido de magnésio (MgO) (abaixo de 5%) é considerado como calcítico. O calcário com concentração de óxido de cálcio (CaO) e de óxido de magnésio (MgO) (na proporção 1:1) é considerado como dolomítico.

Possuem a capacidade de elevar o pH, diminuir a retenção de fósforo no fundo dos viveiros, aumentar a quantidade de gás carbônico para a fotossíntese, diminuir a turbidez da água e a quantidade de material em suspensão, além de promover o crescimento e a manutenção populacional das bactérias desejáveis no viveiro, e aumentar a alcalinidade da água (BARBIERI; OSTRENSKY, 2002).

Também conhecido como carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), o calcário calcítico possui três fases cristalinas anidras naturais: calcita, que é termodinamicamente estável sob condições ambientais; aragonite, um polimorfo de alta pressão e baixa temperatura menos estável que a calcita; e vaterite, o menos estável entre os polimorfos.

A maior parte da absorção de Magnésio é pela ingestão de alimentos, mas, se a água apresenta quantidade adequada de Magnésio, a captação pode ser suficiente para compensar a dieta com baixo teor de magnésio em algumas espécies (BALDISSEROTTO, 2011).

## 2.8 Silicato de cálcio

O silício é segundo elemento em maior quantidade na crosta terrestre e parte desse silício está na forma de silicato de cálcio (BOYD, 2014). A abundância média de sílica em diferentes tipos de rocha é de 7 a 80%, em solos típicos de 50 a 80%, e em águas superficiais e subterrâneas de  $14 \text{ mg L}^{-1}$  (APHA, 2005). Águas naturais contêm silício por causa da dissolução de minerais de silicato com o qual eles entram em contato, e no meio ambiente, os rios drenam sílica dissolvida para o mar, onde as populações de diatomáceas desenvolvem suas frústulas e acumulam sobre o fundo (CALVERT, 1966).

O silicato de cálcio tem sido utilizado na produção animal e na aquicultura o silicato é usado para aumentar a produção de diatomáceas em água doce (MOOIJ et al., 2015) e água do mar (BOYD, 2014), solos podem conter substâncias básicas tais como calcário, silicato de cálcio e feldspato que se dissolvem em água e que podem neutralizar a acidez do solo e aumentar a alcalinidade total na água do tanque. Quando o silicato de cálcio reage com o dióxido de carbono na água, as substâncias dissolvidas são os íons de cálcio, íons de bicarbonato (alcalinidade) e ácido sílico (BOYD, 2014).

Na aquicultura, trabalhos pioneiros vêm sendo conduzidos com camarão, onde níveis ótimos de silicato foram estabelecidos de 0,1 a 0,3 mg L<sup>-1</sup> (FERREIRA et al., 2011). No entanto, esses resultados são iniciais e precisam ser melhores averiguados e testados com outras espécies. Como o silicato é um elemento abundante e disponível em toda a face da terra, além de ser um produto recentemente oferecido por empresas a ser aplicado como material de calagem, é necessário avaliar a sua eficiência frente aos produtos tradicionais de calagem.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKKOYUNLU, A.; AKINER, M. E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecological Indicators*, v. 18, p. 201-211, 2012.
- ANDRADE, L. S.; ANDRADE, R. L. B.; BECKER, A. G.; ROSSATO, L. V.; ROCHA, J. F.; BALDISSEROTTO, B. Interaction of water alkalinity and stocking density on survival and growth of Silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 38, n. 3, p. 454-458, 2007.
- APHA - American Public Health Association 2005. Standard methods for the examination of water e wastewater. 21 st. Ed.. Eaton, A.D.; Clesceri, L.S.; Rice, E.W.; Greenberg, A.E. American Public Health Association: Washington.
- BALDISSEROTTO, B. Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. *R. Bras. Zootec.*, v.40, p.138-144, 2011.
- BARBIERI, R. C. J.; OSTRENSKY, A. N. Camarões marinhos – Engorda. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 370 p.
- BOYD, C. E. & MCNEVIN, A. A. Aquaculture, Resource Use, and the invironment, First Edition. © 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
- BOYD, C. E. AND C. S. TUCKER. Pond Aquaculture Water Quality Management. Boston: Kluwer Academic Publishers. 1998.
- BOYD, C. E. Correct liming improves pond water, bottom quality. *Global Aquaculture Advocate*, 58-59. 2002.
- BOYD, C. E., TUCKER, C. S., SOMRIDHIVEJ, B. Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. *Journal of the world aquaculture society* Vol. 47, No. 1 February, 2016 doi: 10.1111/jwas.12241
- BOYD, C. E.; QUEIROZ, J. F. The role and management of bottom soils in aquaculture ponds. *INFOFISH International* 2/2014
- BOYD, C.E. 2014. Silicon, diatoms in aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, v.18, i.3, May/June, p.38-39. <http://gaalliance.org/mag/2015/May-June/html5/index.html>
- BOYD, C.E.; MC NEVIN, A. A. Aquaculture, resource use, and the environment. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.. 368p. 2015..doi:10.1002/9781118857915.
- BOYD, C.E.; WOOD, C. W.; THUNJAI, T. Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management. Pond Soils. Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA. 2002.

- BURTLE, G. Pond fertilization and liming in Georgia. UGA Extension Bulletin 867. Athens: University of Georgia Extension. 8p. [online] URL: 2015. <[https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%20867\\_2.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%20867_2.PDF)>
- CALVERT, S.E. 1966. Accumulation of diatomaceous silica in the sediments of the Gulf of California. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.77, i.6, p.569-596.
- CARBAJAL, J., SÁNCHEZ, L., & PROGREBNYAK, O. Assessment and prediction of the water quality in shrimp culture using signal processing techniques. Springer. *Aquaculture International*. 2011.
- CARBAJAL-HERNÁNDEZ, J.J. SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, L. P. CARRASCO-OCHOA, J. A. MARTÍNEZ-TRINIDAD, J. F. Immediate water quality assessment in shrimp culture using fuzzy inference systems. *Expert Systems with Applications* 39, 10571–10582. 2012.
- CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. *Geoderma*, 195-196:234–242. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.12.006>.
- COSTA, A. C. S., FERREIRA, J. C., SEIDEL, E. P., TORMENA, C. A., & PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 26(4), 467-473. 2004.
- EL-SHAFAI, S. A., EL-GOHARY, F. A., NASR, F. A., VAN DER STEEN, N. P., & GIJZEN, H. J. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 232(1-4), 117-127. 2004.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. Roma: FAO. 2014.
- FAO. The State of world fisheries and aquaculture. FAO Fisheries and 4 Aquaculture Department, Rome, p.173, 2016.
- FAO. The State of world fisheries and aquaculture. FAO Fisheries and 4 Aquaculture Department, Rome, p.173, 2018.
- FERREIRA, N. C.; BONETTI, C.; SEIFFERT, W. Q. Hydrological and water quality indices as management tools in marine shrimp culture. *Aquaculture*, v. 318, n. 3-4, p. 425-433, 2011.
- FITZSIMMONS K, MARTINEZ GR, GONZALEZ AP. Why Tilapia Is Becoming the Most Important Food Fish on the Planet. *Proceedings of the Ninth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Shanghai Ocean University, Shanghai, China. 2011, 22-24.
- FOSS, A., VOLLEN, T., & ØIESTAD, V. Growth and oxygen consumption in normal and O<sub>2</sub> supersaturated water, and interactive effects of O<sub>2</sub> saturation and ammonia on growth in spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen). *Aquaculture*, 224(1-4), 105-116. 2003.

- FRANCES, J., ALLAN, G. L.; NOWAK, B. F. The effects of nitrite on the short-term growth of silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Aquaculture*, 163(1-2), 63-72. 1998.
- FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bioflocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, v. 321, n. 1-2, p. 130-135, 2011.
- HARBORNE A.R., 2013. The ecology, behaviour, and physiology of fishes on coral reef flats, and the potential impacts of climate change. *J. Fish Biol.*, 83, 417–447.
- HERNÁNDEZ, M.; GASCA-LEYVA, E.; GRESSLER, P.; KRISE, D. Effects of farm and commercial inputs on carp polyculture performance: participatory trial in an experimental field station. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(3): 468-476. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil. Rio de Janeiro - Brasil, 177 p. 2011.
- IBGE. Pesquisa no sistema SIDRA. Tabela disponível em 15 "https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940", acessada em 07/10/2017.
- ITTEKKOT, V. A new story from the Ol' Man River. *Science* 301:56–58. 2003.
- KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Aqua&Imagem. 289p. 2000.
- LIMA, J. P. et al. Pró-Rural Aquicultura: relatos das principais ações de extensão tecnológica e um panorama do setor aquícola do estado do Amazonas, Brasil. *Nexus Revista de Extensão do IFAM, Manaus*, v. 1, n. 1, p. 35-45, 2015.
- LOPES, J.M.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO, B. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. *Aquaculture International*, v.9, p.73-80, 2001.
- MOOIJ, P.R.; de JONGH, L.D.; van LOOSDRECHT, M.C.M.; KLEEREBEZEM, R. 2015. Influence of silicate on enrichment of highly productive microalgae from a mixed culture. *Journal of Applied Phycology*, v.27, i.4, p.1-5. doi: 10.1007/s10811-015-0678-2
- MOYLE, J.B. 1946. Some indices of lake productivity. *Transactions of the American Fisheries Society* 76:322–334.
- MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasília, 60 p. 2001. Disponível em: [http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes\\_e\\_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL4.doc](http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL4.doc)



- NABI, M.M. ABDUL HALIM, MD., NAHAR S. Study on production performance and economic of mono-sex tilapia culture at marginal farmer's ponds in gopalganj Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 5(3): 104-108. 2017.
- NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean disease control. *Journal of Plant Nutrition* 29:2049-2061. 2006.
- PARRA, J.E.G.; BALDISSEROTTO, B. Effect of water pH and hardness on survival and growth of freshwater teleosts. *Fish osmoregulation*. New Hampshire: Science Publishers, p.135-150. 2007.
- PAUL, T. K. AND ALAM, M. M. Potential of using rice-husk ash as liming material in aquaculture. *Bangladesh J. Fish. Res.*, 15-16, 2011-12: 1-14
- PINEDA-MENDOZA, R. M., ZÚÑIGA, G., MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F. Microcystin production in *Microcystis aeruginosa*: effect of type of strain, environmental factors, nutrient concentrations, and N:P ratio on *mcyA* gene expression. *AquatEcol* (2016) 50: 103. <https://doi.org/10.1007/s10452-015-9559-7>
- POLEO, G.; ARANBARRIO, J. V.; MENDOZA, L.; ROMERO, O. Cultivo de *Cachama blanca* en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n. 4, p. 429-437, 2011.
- REIS, J.J.D.; DOS; ALOVISI, A.M.T.; FERREIRA, J.A.A; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de cálcio. *Rev. de Ciências Agrárias*, 36(1): 3-9. 2013.
- SEALS, C.; KEMPTON, C.J.; TOMASSO, J.R. Environmental calcium does not affect production or selected blood characteristics of sunshine bass reared under normal culture conditions. *Progressive Fish-Culturist*, 56(4):269-272. 1994. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1994\)056<0269:ECDNAP>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1994)056<0269:ECDNAP>2.3.CO;2).
- SHAHEEN, F.; KOUSAR, F.; RAZA, S.I.; MAHMOOD, T.; HASSAN, S.W. Effects of salinity and hardness on the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Northern Punjab region of Pakistan. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Research*, 3(1):21-32. 2017.
- SHIRAKAWA H., YANAI S. AND GOTO A., 2013. Lamprey larvae as ecosystem engineers: physical and geochemical impact on the streambed by their burrowing behavior. *Hydrobiologia*, 701, 313–322.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. *Limnologia aplicada à aquicultura*. São Paulo: Funep, 1994.

- SKOV, P. V.; LARSEN, B. K.; FRISK, M.; JOKUMSEN, A. Effects of rearing density and water current on the respiratory physiology and haematology in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* at high temperature. *Aquaculture*, v. 319, n. 3-4, p. 446-452, 2011.
- SMITH, C.J.; PEOPLES, M.B.; KEERTHISINGHE, G.; JAMES, T.R.; GARDEN, D.L.; TUOMI, S.S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. *Soil Research*, 32(5): 995–1008. 1994. <https://doi.org/10.1071/SR9940995>.
- SOUZA, R. A.; PADUA, D. M. C.; OLIVEIRA, R. P. C.; MAIA, T. C. B. Análise econômica da criação de tambaqui em tanques-rede: estudo de caso em assentamento da reforma agrária. *Custos e @gronegócio on line*, Recife, v. 10, n. 1, jan./mar. 2014.
- STERBA G. *Freshwater Fishes of the World* Vista Books, London, 1962.
- SUDARNO, U.; WINTER, J.; GALLERT, C. 2011. Effect of varying salinity, temperature, ammonia and nitrous acid concentrations on nitrification of saline wastewater in fixed-bed reactors. *Bioresource technology*, 102(10), 5665-5673.
- SUMAGAYSAY-CHAVOSO, N.S., 2003. Nitrogen and phosphorus digestibility and excretion of different-sized groups of milkfish (*Chanos chanos Forsskal*) fed formulated and natural food-based diets. *Aquac. Res.* 34, 407–418
- TOWNSEND, C.R.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness. *Aquaculture*, 215(1-4):103-108. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00168-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00168-0).
- VINATEA, L. A. 2004 *Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura*. 2 ed. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina : Florianópolis.

## ARTIGOS:

### 4 SILICATO DE CÁLCIO E SOLO NO CULTIVO DE LARVAS DE TILÁPIA-DO-NILO

#### 4.1 Introdução

A produção global de pescado atingiu o pico em cerca de 171 milhões de toneladas em 2016 representando 47% da produção total de proteína de origem animal, com estimado valor de venda da pesca e da aquicultura em U\$ 362 bilhões (FAO, 2018). Entre 1961 e 2016 o aumento médio anual de consumo alimentar de peixe (3,2 %) excedeu o da carne de todos os animais terrestres (2,8 %). Em termos per capita, o consumo de peixe aumentou de 9,0 kg em 1961 para 20,2 kg em 2015, taxa média de 1,5% ao ano. Estimam-se para 2016 e 2017 um crescimento adicional para 20,3 e 20,5 kg, respectivamente (FAO, 2018).

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a quarta espécie mais produzida no mundo com 4,5 milhões de toneladas no ano de 2016, e é uma das principais espécies de peixes com potencial para aquicultura no Brasil, devido a qualidade de sua carne e por ser cultivada de forma intensiva e com desempenho produtivo (FAO, 2018).

A intensificação da produção demanda consumo de água e mecanismos para controle desta (NABI et.al., 2017). As características físicas, químicas e biológicas da água influenciam diretamente no desempenho e a produção dos peixes (HERNÁNDEZ et al., 2014). Muitos viveiros são construídos em solos ácidos que apresentam valores baixos de pH, concentrações de alcalinidade e dureza reduzida, e que, para minimizar estes problemas é realizada a calagem, que consiste a aplicação de compostos ricos em cálcio. Estes compostos elevam a alcalinidade e dureza reduzindo a variação de pH, proporcionando uma melhor qualidade física, química e biológica ao solo e água (BOYD, 2012).

A condição dos fundos dos tanques e a troca de substâncias entre o solo e a água influenciam fortemente a qualidade da água (BOYD; TEICHERT-CODDINGTON, 1995). O solo reagindo com a água, trocando e proporcionando o equilíbrio de diversos elementos, proporciona capacidade de tamponamento, evitando flutuações no pH. No entanto, apesar da capacidade de troca de íons ser conhecida ela e o seu efeito de tamponamento não vem sendo quantificada na aquicultura (BOYD; QUEIROZ, 2014).

Para a manutenção da qualidade da água, as condições e produção de peixe, têm se utilizado produtos químicos, tais como os materiais de calagem e os fertilizantes (BOYD; MC NEVIN, 2015). A acidez da água nos tanques é neutralizada e a alcalinidade e a dureza

aumentadas pela calagem, assim como na agricultura para remediar solos ácidos (BOYD et al., 2016). A aplicação de calcário agrícola em tanques pode aumentar o pH do solo, aumentando a disponibilidade de carbono inorgânico, a fotossíntese, e o tamponamento da água contra alterações no pH, sendo o silicato considerado alternativa para substituir o calcário (SMITH et al., 1994), por ser mais solúvel do que os carbonatos (CASTRO; CRUSCIOL, 2013). Assim, tanques de aquacultura com solos do fundo ácido e água de baixa alcalinidade devem passar pelo processo de calagem.

Neste contexto, o silicato de cálcio torna-se alternativa aos produtos convencionais, para a prática da calagem. Tendo o solo e o silicato de cálcio capacidade de tamponamento da água, esses produtos foram estudados, em sistema intensivo, comparando-os aos produtos convencionais, calcário calcítico e calcário dolomítico, avaliando seus efeitos sobre a estabilidade do ambiente e no desenvolvimento de larvas de tilápia.

#### 4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante 30 dias, no Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática, Departamento de Zootecnia - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina - MG (Latitude 18°14'17" Sul, longitude 43°36'40" Oeste), localizado na região do Espinhaço Meridional, tendo sido aprovado pela comissão de ética no uso de animais, CEUA-UFVJM, protocolo 001/2017. O experimento foi composto por cinco tratamentos, sendo estes: 1) Controle (aquário contendo apenas água); 2) Calcítico (água e carbonato de cálcio -  $\text{CaCO}_3$ ); 3) Dolomítico (água e calcário dolomítico - 70%  $\text{CaCO}_3$  • 30%  $\text{MgCO}_3$ ); 4) Solo (água e solo) e 5) Silicato (água e silicato cálcio -  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ). Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, perfazendo 25 unidades experimentais. Em cada aquário, de 10 litros de água foi adicionado 0,3 g  $\text{desalL}^{-1}$  (3 g de sal  $\text{aquário}^{-1}$ ), aeração constante (40  $\text{ml min}^{-1}$ ), sem recirculação de água, temperatura controlada ( $31,1 \pm 1,95^\circ\text{C}$ ) e fotoperíodo natural de 12 h claridade e 12 h escuridão.

A água inicial do experimento apresentava alcalinidade de 30,2  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , 7,0 de pH, 6,0  $\text{mg L}^{-1}$  de cálcio, 17,0  $\text{mg L}^{-1}$  de dureza, 0,02  $\text{mg L}^{-1}$  de sílica e 11,0  $\text{mg L}^{-1}$  magnésio. No tratamento solo foi utilizado um solo obtido no Departamento de Agronomia da UFMG, sem a presença de folhas e raízes. As amostras de solo coletadas foram secas ao ar, homogeneizadas, peneiradas através de uma malha de 2 mm (peneira # 10), sendo utilizado 1,2 litros de solo  $\text{aquário}^{-1}$ , e depois levadas ao laboratório de fertilidade de solo para

análise. Os resultados das análises, a porção peneirada, dos solos utilizados nos aquários tem sua composição textural, granulométrica e físico-química na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios e desvio da composição do solo utilizado

Composição textural	Quantidade (%)
Areia	37,8 $\pm$ 0,42b
Silte	46,0 $\pm$ 0,00a
Argila	16,2 $\pm$ 0,42c
Abertura da peneira (mm)	Quantidade retida (%)
2,00	11,6 $\pm$ 0,65c
1,00	13,6 $\pm$ 0,58c
0,50	17,4 $\pm$ 0,29b
0,250	19,0 $\pm$ 0,14b
0,106	26,7 $\pm$ 0,81a
<0,106	11,4 $\pm$ 0,82c
Características físico-químicas	Valores médios
pH	6,9 $\pm$ 0,51
Potencial redox (mV)	242,3 $\pm$ 17,55
Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )	0,03 $\pm$ 0,02
Densidade (g L <sup>-1</sup> )	1,07 $\pm$ 0,02

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

O experimento iniciou com 375 larvas de tilápia-do-Nilo pesando 0,02  $\pm$  0,00 g, comprimento total 1,12  $\pm$  0,08 cm e padrão 0,93  $\pm$  0,08 cm, com 15 animais por aquário com densidade de 1,5 larva L<sup>-1</sup>. Os animais foram alimentados com ração em pó comercial, com proteína bruta (mín.) 560 g kg<sup>-1</sup> (56%), extrato etéreo (mín.) 100 g kg<sup>-1</sup> (10%), matéria fibrosa (máx.) 40 g kg<sup>-1</sup> (4%), matéria mineral (máx.) 140 g kg<sup>-1</sup> (14%), cálcio (mín.) 30 g kg<sup>-1</sup> (3%), cálcio (máx.) 36 g kg<sup>-1</sup> (3,6%), fósforo (mín.) 15 g kg<sup>-1</sup> (1,5%), e umidade (máx.) 120 g kg<sup>-1</sup> (12%), segundo especificações do fabricante, ofertada 20% do peso vivo, distribuídas em três refeições diárias: 8, 12 e 16 h.

Duas vezes por semana (segunda e quinta-feira) foi realizada a limpeza dos aquários por sifonamento, sendo renovado 20% do volume da água, que era repostado com solução

estoque específica de cada tratamento. A cada quinze dias (1, 15 e 30 dias), antes da alimentação dos peixes, foram obtidas amostras de água de cada aquário para controle dos parâmetros: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, potencial redox (mV), condutividade ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), salinidade (‰), turbidez (NTU) através de sonda medidora HORIBA U10®; alcalinidade ( $\text{mg L}^{-1}$ ), dureza ( $\text{mg L}^{-1}$ ), cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ ), magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ), através de método titulométrico e as concentrações de amônia ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e sílica ( $\text{mg L}^{-1}$ ) por método espectrofotométrico, conforme indicado por APHA (2012).

Ao final do experimento foram realizadas mensurações de peso (g) com balança analítica com precisão de 0,01 g, comprimentos total e padrão (cm) com um paquímetro digital (Starret) com precisão de 0,02 mm, quando também foram contados o número de indivíduos, para cálculo de sobrevivência (%). A partir dos registros do consumo total de ração e dos pesos inicial e final foram calculados o ganho de peso ( $\text{g}$ ) = (peso médio final - peso médio inicial), fator de condição de Fulton (K) ( $100 \times \text{peso} / \text{comprimento}^3$ ), a conversão alimentar (CA) = ( $\text{consumo de ração} / \text{ganho de peso}$ ), biomassa estimada(g) ( $\text{peso} \times \text{número de exemplares por aquário}$ ) e ganho de biomassa (g) ( $\text{biomassa final} - \text{biomassa inicial}$ ).

Para a realização das biometrias dos animais, os mesmos foram previamente anestesiados em água com solução de eugenol, preparada na dosagem de 5,0 ml de óleo de cravo para 95 ml de álcool absoluto, sendo adicionado 1 ml desta solução para cada litro de água (RANZANI -PAIVA et al., 2013).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk), homoscedasticidade e independência dos erros para validação do resultado da análise de variância pelo teste F (ANOVA) e foram atendidos. Os dados de sobrevivência foram transformados em arco-seno, para se realizar as análises estatísticas, porém sendo apresentadas em porcentagem. Para avaliar o efeito entre os tratamentos e ao longo dos dias, os dados dos animais foram submetidos à ANOVA de uma via e dos parâmetros de qualidade de água foram submetidos à ANOVA de duas vias (cinco tratamentos x três dias) e teste de Tukey ao nível de significância de 0,05, usando o software R.

### 4.3 Resultados

Os parâmetros sobre o desempenho de crescimento e sobrevivência das larvas de tilápia-do-Nilo estão apresentados na Tabela 2. Peso, comprimento total, comprimento padrão, fator de condição de Fulton, ganho de peso, biomassa, ganho de biomassa e sobrevivência não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ).

Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão e coeficiente de variação obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

	Parâmetros			
	Peso (g)	Comprimento total (cm)	Comprimento padrão (cm)	Fator de condição (K)
Controle	3,63±0,22	2,86±0,23	0,73±0,19	15,83±2,86
Calcítico	3,54±0,08	2,72±0,12	0,59±0,09	17,66±1,90
Dolomítico	3,70±1,54	2,89±1,20	0,76±0,42	16,38±5,23
Solo	3,65±0,19	2,84±0,14	0,77±0,16	16,01±1,45
Silicato	3,61±0,16	2,83±0,13	0,67±0,10	15,92±1,73
CV (%)	7,76	8,73	30,13	19,56
	Ganho de peso (g)	Biomassa (g)	Ganho de biomassa (g)	Sobrevivência (%)
Controle	3,61±0,22	50,23±9,53	49,93±9,53	92,0±16,0
Calcítico	3,52±0,08	51,05±2,17	50,75±2,17	96,0±3,26
Dolomítico	3,68±0,47	43,49±19,26	43,19±19,26	64,0±44,54
Solo	3,63±0,19	50,55±6,47	50,25±6,47	92,0±9,79
Silicato	3,59±0,16	51,37±5,06	51,37±5,06	94,6±7,77
CV (%)	7,8	22,19	22,32	20,92

Médias não diferiram entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

Os parâmetros de qualidade de água nos diferentes tratamentos e nos dias de coleta no cultivo de larvas de tilápia-do-Nilo são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5. Os dados de oxigênio dissolvido na água, nitrito, nitrato e magnésio não diferiram significativamente em função dos produtos testados ( $p>0,05$ ). Os parâmetros pH, potencial redox, condutividade elétrica, turbidez, salinidade, amônia, alcalinidade, dureza, cálcio e sílica apresentaram diferenças significativas ( $p<0,05$ ). Houve interação significativas ( $p<0,05$ ) entre os produtos de calagem e os dias de coleta para pH, condutividade elétrica, amônia, dureza, cálcio e magnésio.

O pH foi maior ( $p<0,05$ ) no silicato e no calcítico que no controle, e os demais não diferiram entre si. Para o potencial redox o tratamento dolomítico foi maior ( $p<0,05$ ) que no solo, e os demais não diferindo entre si. A condutividade elétrica foi maior ( $p<0,05$ ) no tratamento solo do que no controle e os não diferiram entre si. A turbidez no solo foi maior

( $p < 0,05$ ) que nos demais tratamentos. O pH da água não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os dias de coleta apresentando estabilidade ao longo do tempo. O potencial redox foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 15, seguido pelo dia 30 e 1, porém variando dentro de uma faixa estreita. A condutividade elétrica foi maior ( $p < 0,05$ ) nos dias 1 e 30. A turbidez foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30.

Tabela 3 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros			
	pH	ORP	Condutividade	Turbidez
Tratamento	<0,0001*	0,0173*	<0,0001*	0,0013*
Dia	0,3508 <sup>ns</sup>	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Interação TxD	<0,0001*	0,1235 <sup>ns</sup>	<0,0001*	0,5538 <sup>ns</sup>
CV (%)	3,81	20,83	35,42	66,21

  

Tratamento	pH	ORP( mV)	Condutividade (mS cm <sup>-1</sup> )	Turbidez (NTU)
Controle	7,5±0,54b	190,4±47,47ab	0,20±0,01b	169,1±111,66b
Calcítico	8,0±0,17a	162,9±41,34ab	0,21±0,00ab	209,1±98,99b
Dolomítico	7,8±0,36ab	194,8±62,55a	0,21±0,00ab	163,7±136,89b
Solo	7,8±0,30ab	156,0±21,42b	0,35±0,02a	355,1±214,51a
Silicato	8,1±0,29a	170,6±49,12ab	0,28±0,00ab	164,0±186,91b
Dia				
1	7,8±0,61a	141,3±27,41c	0,27±0,02a	128,7±166,09b
15	7,8±0,25a	211,2±52,20a	0,17±0,00b	185,4±78,52b
30	7,9±0,20a	172,3±33,44b	0,30±0,00a	322,5±187,76a

Médias seguidas por letras iguais, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. ORP= Potencial Redox.

A salinidade foi maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos que receberam produtos de calagem, porém apresentando baixos valores. A amônia foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento controle que no silicato, e os demais não diferiram entre si. O oxigênio dissolvido na água se manteve ao longo do período estando sempre acima de 4,7 mg L<sup>-1</sup>. A salinidade foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia



30. A amônia, o nitrito e o nitrato foram maiores ( $p < 0,05$ ) no dia 1, quando foi observado uma maior sobra de ração nos aquários.

Tabela 4 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros				
	OD	Salinidade	Amônia	Nitrito	Nitrato
Tratamento	0,1419 <sup>ns</sup>	<0,0001*	0,0354*	0,1686 <sup>ns</sup>	0,2621 <sup>ns</sup>
Dia	0,4245 <sup>ns</sup>	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,0002*
Interação TxD	0,6324 <sup>ns</sup>	0,1254 <sup>ns</sup>	<0,0001*	0,1936 <sup>ns</sup>	0,8121 <sup>ns</sup>
CV (%)	45,74	39,47	65,17	192,31	187,25
Tratamento	OD (mg L <sup>-1</sup> )	Salinidade (‰)	Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )
Controle	4,8±0,73a	0,00±0,00b	0,03±0,03a	0,16±0,27a	0,17±0,33 <sup>a</sup>
Calcítico	4,7±0,66a	0,01±0,00ab	0,02±0,02ab	0,14±0,25a	0,18±0,25 <sup>a</sup>
Dolomítico	6,6±4,75a	0,01±0,00a	0,02±0,03ab	0,09±0,16a	0,11±0,31 <sup>a</sup>
Solo	4,7±1,05a	0,00±0,00b	0,02±0,02ab	0,07±0,18a	0,02±0,08 <sup>a</sup>
Silicato	4,8±0,81a	0,01±0,00a	0,01±0,01b	0,02±0,06a	0,05±0,12 <sup>a</sup>
Dia					
1	5,5±0,57a	0,00±0,00b	0,04±0,02a	0,23±0,27a	0,28±0,35 <sup>a</sup>
15	5,3±3,84a	0,00±0,00b	0,00±0,00c	0,00±0,00b	0,00±0,01b
30	4,6±1,15a	0,01±0,00a	0,02±0,02b	0,06±0,15b	0,04±0,11b

Médias seguidas por letras iguais, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. OD= Oxigênio Dissolvido.

A alcalinidade foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento silicato e não diferiu entre os demais. A dureza foi maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos calcítico, dolomítico e silicato em relação ao controle e o solo. O cálcio dissolvido na água foi maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos calcítico e silicato que no controle e no solo. A sílica dissolvida na água foi maior no silicato. A alcalinidade foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 15 seguido pelo dia 30. A dureza foi maior ( $p < 0,05$ )

nos dias 15 e 30. O cálcio foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30 seguido pelo dia 15. O magnésio foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 15. A sílica não apresentou diferença ( $p > 0,05$ ) entre os dias.

Tabela 5 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros				
	Alcalinidade	Dureza	Cálcio	Magnésio	Sílica
Tratamento	0,0009*	<0,0001*	<0,0001*	0,6081 <sup>ns</sup>	<0,0001*
Dia	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,2102 <sup>ns</sup>
Interação TxD	0,2489 <sup>ns</sup>	0,0002*	<0,0001*	0,0175*	0,7890 <sup>ns</sup>
CV (%)	22,54	21,24	22,65	80,96	29,95
Tratamento	Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	Sílica (mg L <sup>-1</sup> )
Controle	48,8±17,84b	39,3±22,45b	27,6±20,09b	11,6±8,31a	0,01±0,00b
Calcítico	52,27±20,64b	84,74±27,13a	70,3±31,14a	14,3±13,16a	0,01±0,01b
Dolomítico	52,73±19,30b	69,3±31,21a	53,3±23,09ab	16,0±19,35a	0,01±0,00b
Solo	51,27±24,20b	37,0±14,36b	26,3±11,33b	10,6±7,27a	0,01±0,01b
Silicato	67,27±25,59a	90,7±39,48a	79,07±35,95a	11,6±10,28a	0,30±0,01a
Dia					
1	35,0±6,30c	31,8±15,17b	23,8±13,14c	8,0±6,48b	0,02±0,01a
15	78,7±9,47a	76,8±16,36a	55,2±13,46b	21,6±6,18a	0,01±0,01a
30	49,5±12,36b	84,0±16,26a	75,0±13,17a	9,0±6,65b	0,02±0,01a

Médias seguidas por letras iguais, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

As médias e suas interações entre tratamento e dias das variáveis pH, condutividade elétrica, amônia, dureza, cálcio e magnésio foram significativas ( $p < 0,05$ ) e estão apresentadas na Tabela 6. O pH do tratamento controle foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30 e no dia 15, e o menor valor no dia 1, nos demais tratamentos não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) significativas entre os dias. O pH no dia 1 foi maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos calcítico, dolomítico e silicato. A diferença de pH entre os tratamentos para todos os dias agrupados,

médias gerais dos tratamentos (Tabela 3), é dada pela diferença no primeiro dia, visto que nos outros dias elas são iguais entre si.

A condutividade elétrica no tratamento controle foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30 do que no dia 1 e sendo o dia 15 intermediário. O calcítico e o silicato não alteraram ( $p > 0,05$ ) ao longo dos dias. No tratamento dolomítico a CE foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30 e no solo foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 1, decaindo no 15 e voltando a aumentar no dia 30. No dia 1 a condutividade elétrica foi maior ( $p < 0,05$ ) no solo, nos dias 15 e 30 não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. A maior condutividade elétrica do solo no dia 1, explica a maior média geral da condutividade do solo comparado com o controle, e do dia 1 comparado ao dia 15 (Tabela 3).

Para a amônia nos tratamentos controle e calcítico foram observados maiores valores ( $p < 0,05$ ) no dia 30. Nos tratamentos dolomítico, solo e silicato a amônia foi maior no dia 1. Os valores de amônia variaram entre tratamentos e dias, porém apresentando valores baixos. No dia 1 a amônia foi maior os tratamentos dolomítico e solo em relação ao controle e ao calcítico, não diferindo do silicato. No dia 15 não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos e no dia 30 o controle apresentou maior ( $p < 0,05$ ) valor que os demais tratamentos, exceto o calcítico. A diferença entre o controle e o silicato (Tabela 4) é dada pelos valores observados no ultimo dia. As concentrações foram maiores para os tratamentos dolomítico e solo no dia 1, quando foi observada maior sobra de ração, explicando o maior valor médio da concentração de amônia no dia 1 (Tabela 4).

Para a dureza, os tratamentos controle, dolomítico e silicato apresentaram valores superiores ( $p < 0,05$ ) nos dias 15 e 30. Para o calcítico foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30, seguido do dia 15 e o menor valor o dia 1. Para o solo a dureza no dia 30 foi maior ( $p < 0,05$ ) que no dia 1. Para todos os dias a dureza no tratamento calcítico foi maior ( $p < 0,05$ ) que o controle e o solo. A dureza no silicato é maior que no controle e no solo nos dias 15 e 30. Comparando a dureza no silicato com o calcítico e o dolomítico, o silicato foi igual ou superior ao longo dos dias. Esses resultados são similares às médias gerais apresentadas na Tabela 4.

De modo geral, o cálcio apresentou um crescimento ao longo dos dias, sendo esse crescimento contínuo nos tratamentos calcítico e dolomítico. No silicato este crescimento foi mais rápido, pois no dia 15 já apresentava valores similares encontrados no dia 30 para o próprio silicato e para o calcítico. A concentração de cálcio no silicato foi superior ao observada no controle e no solo, exceto para o solo no dia 1. Comparado ao calcítico e ao dolomítico o cálcio no silicato foi igual ou superior ao longo dos dias. Esses resultados confirmam o observado na Tabela 4.

Para os valores de magnésio os tratamentos controle, solo e silicato não diferiram ( $p>0,05$ ) entre os dias. No calcítico e no dolomítico os maiores valores foram no dia 15 que no dia 30. Nos dias 1 e 30 não houve diferenças ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos, e no dia 15 a concentração de magnésio no dolomítico foi maior ( $p<0,05$ ) do que no controle, no solo e no silicato e não diferiu do calcítico. As diferenças observadas entre o dolomítico e os demais tratamentos foram pequenas e observadas apenas no dia 15, refletindo numa igualdade das médias gerais (Tabela 4).

Tabela 6 – Médias e desvios padrões das interações entre tratamento e dias das variáveis pH, condutividade elétrica, amônia, dureza, cálcio e magnésio

Tratamento	Dias		
	1	15	30
pH			
Controle	7,06±0,60bC	7,72±0,11aA	7,91±0,18aA
Calcítico	8,20±0,07aA	7,99±0,23aA	8,03±0,07aA
Dolomítico	8,10±0,39aAB	7,67±0,23aA	7,80±0,29aA
Solo	7,60±0,24aB	7,78±0,31aA	8,07±0,12aA
Silicato	8,42±0,31aA	7,99±0,14aA	7,96±0,12aA
Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )			
Controle	11,56±0,92bB	17,98±4,89abA	31,06±12,17aA
Calcítico	18,48±6,55aB	17,08±3,19aA	28,46±1,24aA
Dolomítico	17,44±4,23bB	16,38±3,51bA	31,48±4,79aA
Solo	65,20±24,45aA	13,7±3,93cA	28,34±2,70bA
Silicato	27,24±4,73aB	23,52±6,04aA	34,38±4,14aA
Amônia (mg L <sup>-1</sup> )			
Controle	0,02±0,03bB	0,00±0,00bA	0,06±0,01aA
Calcítico	0,02±0,01abB	0,00±0,00bA	0,04±0,00aAB
Dolomítico	0,06±0,02aA	0,00±0,00bA	0,02±0,01bBC
Solo	0,05±0,01aA	0,00±0,00bA	0,00±0,00bC
Silicato	0,04±0,00aAB	0,00±0,00bA	0,00±0,00bC
Dureza (mg L <sup>-1</sup> )			
Controle	17,0±4,00bB	49,0±26,36aC	52,0±6,78aC
Calcítico	54,0±6,61cA	86,0±14,98bB	114,1±10,20aA

Dolomítico	30,0±3,16bAB	94,0±22,47aAB	94,0±22,47aB
Solo	21,0±12,01bB	41,0±5,83abC	41,0±5,83aC
Silicato	37,0±6,78bAB	114,1±13,57aA	121,1±9,70aA
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )			
Controle	6,0±2,00bC	32,0±18,61aC	45,0±8,37aC
Calcítico	40,0±7,07cA	61,0±10,20bB	110,0±13,05aA
Dolomítico	25,0±3,16cABC	58,0±11,67bB	58,0±11,67aB
Solo	16,0±8,61bBC	24,0±2,00abC	24,0±2,00aC
Silicato	32,0±4,00bAB	101,0±20,60aA	104,0±10,68aA
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )			
Controle	11,0±4,90aA	17,0±10,78aB	7,0±4,00aA
Calcítico	14,0±8,61abA	25,0±14,50aAB	4,0±3,74bA
Dolomítico	5,0±0,00bA	36,0±22,24aA	7,0±5,10bA
Solo	5,0±5,48aA	17,0±5,10aB	17,0±5,10aA
Silicato	5,0±3,16aA	13,0±11,23aB	17,0±10,30aA

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

#### 4.4 Discussão

O desempenho e sobrevivência das larvas não diferiram em função dos produtos de calagem. Apesar desses produtos terem proporcionado diferenças nos parâmetros de qualidade de água, estas diferenças se mantiveram dentro da faixa considerada adequada ao cultivo da espécie, o que explica uma similaridade do desempenho dos animais entre os tratamentos testados. No entanto, elevadas concentrações de ração conduzem a perdas de qualidade de água que podem interferir no desenvolvimento e ou sobrevivência de peixes (ROJAS; ROCHA 2004; CAVALCANTE et al., 2009), e neste caso, os sais, calcítico, dolomítico e silicato proporcionaram uma maior capacidade de tamponamento da água, o que a manteria por mais tempo uma melhor qualidade da água para o peixe.

O pH da água, nos diversos tratamentos apresentou valores mínimo de 7,1 no controle e máximo 8,4, no silicato, no primeiro dia, estando dentro da faixa considerada adequada para o crescimento de larvas (EKASSARI et al., 2015; PEDREIRA et al., 2016; SILVA et al., 2017) da tilápia-do-Nilo. Portanto, mesmo as fases iniciais de tilápia sendo mais suscetíveis a mudanças no equilíbrio ácido-base da água (ROJAS; ROCHA 2004; CAVALCANTE et al.,

2009), a estreita faixa observada neste experimento foi favorável ao bem-estar e desenvolvimento da espécie.

Rebouças et al. (2016) verificaram que a faixa adequada de pH da água para cultivo de tilápia-do-Nilo deveria ser estendida para 5,5 – 9,0. pois não prejudica o crescimento. Porém, Rebouças et al. (2015) ao avaliaram o crescimento de juvenis de tilápia-do-Nilo demonstraram melhor crescimento quando os peixes foram mantidos a pH 4-6, em comparação com pH 8,0.

Os tratamentos controle e solo mesmo sem receber produtos de calagem tiveram baixa flutuação de pH assim como nos demais tratamentos, devido à alcalinidade da água apresentada ( $>48,8 \text{ mg L}^{-1}$ ). Águas em tanques com solos ácidos têm tipicamente baixas concentrações de bicarbonato, carbonato, cálcio e magnésio, o que as deixa susceptíveis às bruscas mudanças no pH, o que não foi observado no presente trabalho pois a fonte de acidez na maioria dos solos é devido ao íon alumínio, argila e partículas de matéria orgânica carregadas negativamente, atraindo cátions para suas superfícies (BOYD et al., 2002). Os agentes de calagem neutralizam a acidez e os íons de cálcio substituem os íons de alumínio dos locais de troca de cátions para que o solo fique menos ácido. Segundo Boyd (2002) a aplicação de calcário em águas ácidas pode aumentar a alcalinidade total, a dureza total, a disponibilidade de carbono inorgânico, fotossíntese, aumentando o pH e diminuindo suas flutuações.

A alcalinidade deste experimento é próxima da encontrada por Rojas e Rocha (2004) em que as larvas de tilápia-do-Nilo cresceram mais quando submetidas a  $32 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  do que a  $15$  ou  $55 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . Cavalcante et al. (2009) relataram que a aplicação de  $1 \text{ g } 10 \text{ L}^{-1}$  carbonato de cálcio produziu maior peso corporal da tilápia-do-Nilo, essa diferença de crescimento não foi observada neste experimento. Peixes estocados em maiores densidades apresentaram melhor taxa de sobrevivência quando a alcalinidade da água aumentou de 30 para 80 ou  $130 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  (ANDRADE et al., 2007). A sobrevivência ( $91,0 \pm 17,79\%$ ) dos peixes não foi significativamente diferente entre os tratamentos estando acima do encontrado por Cavalcante et al. (2012) para tilápia-do-Nilo que foi  $88,3 \pm 9,63\%$ .

Maiores valores de alcalinidade em águas naturais tende a aumentar a produção de peixes (BOYD et al., 2016), e evita que ocorra grandes variações do pH (BOYD; TUCKER, 2014). O calcário é fonte de alcalinidade e dureza, assim como é o silicato de cálcio em águas naturais (ITTEKKOT, 2003). Apesar do silicato de cálcio (86%) apresentar valor neutralizante menor que dos calcários calcítico (100%) e dolomítico (109%) (BOYD et al., 2016), neste experimento ele proporcionou maior valor de alcalinidade.

A alcalinidade e a dureza na aquicultura podem flutuar ou permanecer constantes ao longo do tempo. São chamadas de variáveis de qualidade de água “não conservativas” porque suas concentrações são afetadas não apenas pela diluição e concentração, mas também pelos processos biológicos e químicos (BOYD et al., 2016). Em sistemas de aquicultura fechados, como os usados no presente estudo, a alcalinidade tende a diminuir e a dureza tende a aumentar com o tempo (CAVALCANTE et al., 2014), e isto foi observado nos resultados deste experimento, em que a alcalinidade aumentou na primeira quinzena, porém retornou a diminuir na segunda quinzena, já a dureza inicialmente era mais baixa e aumentou no restante do experimento.

A faixa de dureza neste experimento ficou dentro da considerada adequada para a espécie (CAVALCANTE et al., 2012; CARDOSO FILHO et al., 2010; BART et al., 2012) independente do tratamento submetido à água, o que gerou desempenho similar dos peixes entre os tratamentos e ao longo do período. Ressalta-se que a água dura reduz a perda de íons, tamponando o ambiente e favorecendo o desenvolvimento dos peixes (BALDISSEROTTO, 2011). Cavalcante et al. (2012) demonstraram melhor desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo quando a dureza total é  $> 20 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ . Já segundo Burtle (2015), o calcário deve ser aplicado quando a dureza da água for inferior a  $25 \text{ mgL}^{-1}$ , portanto os produtos de calagem foram devidamente empregados, visto que a água utilizada no experimento apresentava valor médio de dureza de  $17 \text{ mg L}^{-1}$ .

Foi observada maior quantidade de cálcio nos tratamentos que receberam produtos de calagem. Porém, até os grupos controle e solo apresentaram aumento da quantidade de cálcio dissolvido na água ao longo dos dias de coleta, corroborando com os dados de Poleo et al. (2011) que confirmam que a entrada contínua de cálcio através do fornecimento de alimentos para peixes aumenta a dureza da água. As maiores concentrações de cálcio e dureza no dia 15 no tratamento com silicato quando comparado ao calcítico, e posterior igualdade de resultados para o dia 30, demonstra maior solubilidade do silicato de cálcio em relação ao carbonato de cálcio como observado por Alcarde (2005).

O grau de dureza da água, cálcio e magnésio, pode ser determinado pelas características do solo do tanque (BALDISSEROTTO, 2003). Esses íons ( $\text{Ca}^+$  e  $\text{Mg}^+$ ) são importantes para regulação iônica de peixes de água doce, afetando a permeabilidade das membranas biológicas, podendo ocasionar perdas significativas de água e íons (CAVALCANTE et al., 2012). Tanto o baixo quanto o excessivo teor de cálcio na água pode prejudicar a osmorregulação e o desempenho do crescimento dos peixes. No entanto, águas mais duras podem proteger os peixes em ambientes mais ácidos e alcalinos (TOWNSEND et

al., 2003). É difícil avaliar a concentração mínima de Ca e Mg necessária na água para as espécies de aquicultura, porque elas obtêm esses dois nutrientes tanto da água quanto de sua dieta (LOVELL, 1998) e os peixes também podem modular o mecanismo de captação de cálcio para atingir um estado normal desse composto no corpo (HWANG et al., 1996). O alto  $Mg^{2+}$  aquoso (até 50 mmol) não afetou a tilápia de Moçambique e o peixinho dourado (BIJVELDS et al., 1998).

O silicato também não afetou o desenvolvimento dos animais, apesar de ter alterado os parâmetros de qualidade de água. A sílica é um dos componentes mais abundantes no ambiente, e por isso as águas naturais contêm esse elemento devido à dissolução de minerais de silicato com as quais entram em contato (BOYD, 2014). Os trabalhos destacam a necessidade do elemento sílica na aquicultura, para o fitoplâncton, base na cadeia alimentar de organismos aquáticos (WINDER et al., 2017), sendo portanto, um fator importante que afeta a produção primária (JAMES; ADEJARE, 2010) e o equilíbrio no sistema de produção aquático, mesmo não sendo um fator limitante,. No entanto, não existem trabalhos relacionando o efeito do silicato e de seus níveis sobre peixes, sendo este trabalho portanto uma base para futuras pesquisas.

O potencial redox (ORP) apresentou médias entre 156,0 e 194,8 estando dentro dos valores indicados que é entre 100 a 300 mV, isso para que possa garantir a sobrevivência de bactérias formadoras de metano e ser possível remover dióxido de carbono, hidrogênio e acetato do meio ambiente (MAGONDU et al., 2015). O ORP mede a capacidade da água de se limpar ou quebrar produtos contaminantes ou matéria orgânica de plantas e animais mortos. Quando este valor é alto, significa que existe abundância de oxigênio na água, condições na qual as bactérias que decompõem tecidos mortos e contaminantes podem trabalhar com maior eficiência. Ou seja, quanto maior o valor do ORP, mais saudável será a água (BIRCHENOUGH et al., 2012).

Os elevados valores da condutividade se devem a adição dos sais aplicados além da ração e do próprio solo, o que pode explicar o menor valor observado no tratamento controle, quando comparado com o tratamento solo, e a similaridade entre os demais tratamentos. Os diferentes produtos para calagem aumentam significativamente a condutividade elétrica da água assim como o observado por Nobre et al. (2014). Assume-se que as águas com condutividade elétrica até  $1000 \mu S cm^{-1}$  são adequadas para a aquicultura (BOYD; TUCKER, 1998). A condutividade elétrica da água pode ser usada como índice de eutrofização, pois as águas ricas em nutrientes têm maiores concentrações de cátions e ânions. Valores elevados



são relacionados à matéria orgânica sendo depositada na água, normalmente advinda da alimentação (AKKOYUNLU; AKINER, 2012).

A turbidez do tratamento solo foi superior as dos demais tratamentos, podendo ser explicado pela suspensão de partículas do sedimento. Quanto a turbidez a Resolução BRASIL - CONAMA 357/2005 classe II, recomenda valores de até 100 NTU, e durante o experimento os valores chegaram até 209 NTU, porém não afetando o desempenho dos animais. A turbidez está relacionada a presença de matéria orgânica, das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas e dos detritos inorgânicos, como: areias e argilas presentes no solo (ROCHA et al., 2015; CROSSETTI et al., 2014). Apesar das concentrações de turbidez acima da recomendada, os índices de sobrevivência e crescimento deste experimento indicam que a larva da tilápia apresenta uma tolerância a maiores valores de turbidez.

Ao longo do período, o oxigênio dissolvido permaneceu a níveis adequados para a sobrevivência e crescimento da tilápia-do-Nilo estando dentro da faixa observada por (SANTOS et al., 2013), que é acima de  $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ . Baixas concentrações de oxigênio podem levar reduções no consumo de alimentos e no crescimento de larvas (WELKER et al., 2013). No presente trabalho as concentrações de oxigênio dissolvido na água foram similares entre os tratamentos, não proporcionando diferenças no rendimento das larvas.

A salinidade da água apresentou entre 0 e 0,01 ‰, sendo observada apenas nos tratamentos onde foi aplicado produto para calagem, devido a solubilidade destes sais. O calcário agrícola é pouco solúvel (STUMM; MORGAN, 1996) e sua solubilidade pode ser aumentada na presença de dióxido de carbono (BOYD et al., 2016), que pode ser originada da decomposição da ração. Porém, a solubilidade diminui quando aumenta a alcalinidade, sendo o limite 80 -  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (SÁ; BOYD, 2017). Ressalta-se que a solubilidade é inversamente relacionada ao tamanho das partículas do produto, e o silicato de cálcio é mais solúvel que o carbonato de cálcio (calcário na forma pura) (ALCARDE, 2005). Apesar da diferença entre salinidades observada entre os tratamentos os níveis apresentaram-se abaixo dos observados em outros experimentos que afetaram o desenvolvimento dos animais (KUÇUK, 2013; EL-ZAEEM et al., 2011; BREVES et al., 2010; SEMRA et al., 2013).

As concentrações de amônia estiveram dentro da faixa desejada, entre 0,6 e  $2 \text{ mg L}^{-1}$  (LIEW et al., 2013), para o cultivo da espécie como observado por Pedreira et al. (2016) e Silva et al. (2017). A amônia total é composta pela amônia não-ionizada (mais tóxica) e a ionizada (menos tóxica), e o equilíbrio entre as duas formas dependente do pH e da temperatura. Considerando estas concentrações de amônia, o pH em torno de 7,8 ( $\pm 0,40$ ) e a temperatura  $31,1 (\pm 1,95)$ , a amônia não - ionizada não representa problema neste

experimento. No entanto, a monitoração dos níveis de amônia é imprescindível visto que os sistemas de aquicultura intensivos, como o deste trabalho, recebem grandes insumos de nitrogênio amoniacal resultantes da adição de ração, gerando decomposição de fezes e rações e excreções metabólicas (BOYD et al., 2016).

Um dos principais problemas em águas alcalinas é a inibição de excreção de amônia, que pode aumentar a amônia plasmática, o que pode prejudicar a transformação da energia alimentar em ATP e assim inibir o crescimento dos peixes (BOLNER e BALDISSEROTTO, 2007). Além disso, em pH elevado, alta proporção de nitrogênio amoniacal está na forma tóxica, amônia ( $\text{NH}_3$ ), reduzindo a presença da forma menos tóxica de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (BOYD et al., 2016). Em pH neutro, a amônia deixa as brânquias por difusão na forma de  $\text{NH}_3$ , e é convertida em  $\text{NH}_4^+$  na água, mantendo gradiente favorável para a difusão de  $\text{NH}_3$ . Quando a água é alcalina, há menos  $\text{H}^+$  disponível para transformar  $\text{NH}_3$  em  $\text{NH}_4^+$ , inibindo o processo de difusão, fazendo que a amônia fique retida no sangue (BALDISSEROTTO, 2011). No entanto, neste experimento apesar de ter sido aplicado materiais de calagem que elevou o pH para neutro a levemente alcalino, as concentrações de amônia foram baixas assim como a alcalinidade, não prejudicando o desenvolvimento dos animais.

As concentrações de nitrito e nitrato estiveram dentro da faixa considerada adequada para o cultivo da espécie em estudo conforme dados encontrados por Pedreira et al. (2016) e Silva et al. (2017). Os valores estiveram abaixo das concentrações a partir da qual ( $0,3 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,7 \text{ mg L}^{-1}$  de nitrito e nitrato respectivamente), podem interferir no crescimento e no sistema imunológico da maioria dos peixes de água doce (ANDRADE et al., 2016). Essas concentrações podem ser explicadas pela aplicação de produtos que aumentam a concentração do material de calagem. Segundo Boyd et al. (2016), para compensar a redução do pH e remover nitrato, alguns produtos básicos são adicionados em sistemas de recirculação, já que segundo Cavalcante et al. (2014) os processos químicos e biológicos oxidativos que ocorrem na água, como a nitrificação bacteriana, liberam íons  $\text{H}^+$  em água, diminuindo assim a alcalinidade.

No presente estudo não houve diferença do desempenho das larvas de tilápia-do-Nilo em função dos materiais de calagem utilizados.

#### 4.5 Conclusão

O silicato de cálcio aumentou a alcalinidade, o que gera uma maior estabilidade ambiental, proporcionando maior bem-estar animal. Os calcários calcíticos e dolomíticos

mostraram-se eficientes no processo de calagem. O silicato de cálcio é uma alternativa viável e recomendada para a calagem, pois apresenta resultados de alcalinidade e pH superior e/ou equivalentes aos calcários calcítico e dolomítico, sais tradicionais para essa prática, que confirmam a sua importância na manutenção da qualidade da água no desempenho dos peixes. O solo apresentou uma capacidade tampão na água, porém, não tão eficiente como os demais produtos.

#### 4.6 Referências Bibliográficas

- AKKOYUNLU, A.; AKINER, M. E. 2012. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecological Indicators*, 18: 201-211.
- ALCARDE, J. C. 2005. Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA. Boletim técnico 6.
- ANDRADE, E.M.; AQUINO, D. N.; LUNA, N.R.; LOPES, F.B.; CRISÓSTOMO, L. A. 2016. Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. *Ceres*, (63)5: 621-630. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663050005>.
- APHA - American Public Health Association. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd. Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D.; Clesceri, L.S. Washington, D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1496p.
- BALDISSEROTTO, B. 2003. Osmoregulatory adaptations of freshwater teleosts. In: Val, A.L.; Kapoor, B.G. Fish Adaptations. Enfield: Science Publishers. 179-201.
- BALDISSEROTTO, B. 2011. Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40 (supl. especial): 138-144.
- BART, A. N.; PRASAD, B.; THAKUR, D. P. 2012. Effects of incubation water hardness and salinity on egg hatch and fry survival of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 44(7), 1085–1092. doi:10.1111/j.1365-2109.2012.03113.x
- BIJVELDS, M.J.C.; VELDEN, J.V.; KOLAR, Z.; FLIK, G. 1998. Magnesium transport in freshwater teleosts. *Journal of Experimental Biology*, 201(13):1981-1998.
- BIRCHENOUGH S.; PARKER R.; MCMANUS E.; BARRY J. 2012. Combining bioturbation and redox metrics: potential tools for assessing seabed function. *Ecological Indicators*, 12(1), 8–16.
- BOLNER, K.C.S.; BALDISSEROTTO, B. 2007. Water pH and urinary excretion in silver catfish *Rhamdia quelen*. *Journal of Fish Biology*, 70:50-64.

- BOYD, C. E.; TEICHERT-CODDINGTON, D. 1995. Dry matter, ash, and elemental composition of pond-cultured *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris*. *Journal of the World Aquaculture Society* 26:88–92.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. 2014. Handbook for aquaculture water quality. *Handbook for Aquaculture Water Quality*, 439.
- BOYD, C. E., 2002. Correct liming improves pond water, bottom quality. *Global Aquaculture Advocate* 5: 58–59.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. 1998. Pond aquaculture water quality management. New York: Springer.
- BOYD, C.E. 2012. Assessment of relationships between environmental factors and the new shrimp disease in Vietnam. Report to FAO Fisheries and Aquaculture, Rome, Italy.
- BOYD, C.E. 2014. Silicon, diatoms in aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, 18(3):38-39.
- BOYD, C.E.; MC NEVIN, A. A. 2015. *Aquaculture, resource use, and the environment*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.. 368p.doi:10.1002/9781118857915.
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F. 2014. The role and management of bottom soils in aquaculture ponds. *INFOFISH International* 2: 22-28 [online] Disponível em: <<http://www.infofish.org.br>> Acesso em: 3 de maio 2018.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S.; SOMRIDHIVEJ, B. 2016. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(1):6–41. 10.1111/jwas.12241.
- BOYD, C.E.; WOOD, C. W.; THUNJAI, T. 2002. *Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management*. Pond Soils. Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.
- BRASIL, CONAMA. 2005. Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357.
- BREVES, J. P., HASEGAWA, S., YOSHIOKA, M., FOX, B. K., DAVIS, L. K., LERNER, D. T., GRAU, E. G. 2010. Acute salinity challenges in Mozambique and Nile tilapia: differential responses of plasma prolactin, growth hormone and branchial expression of ion transporters. *General and comparative endocrinology*, 167(1), 135-142.
- BURTLE G.J. 2015. Pond fertilization and liming in Georgia. *UGA Extension Bulletin* 867: 1-7.
- CARDOSO FILHO, R.; CAMPECHE, D. F.; PAULINO, R. V. 2010. Tilápia em reservatório de água para irrigação e avaliação da qualidade da água. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(1).

- CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. 2013. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. *Geoderma*, 195-196:234–242. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.12.006>.
- CAVALCANTE D.H.; SILVA S.R.; PINHEIRO P.D.; AKAO M.M.F.; SÁ M.V.C. 2012. Single or paired increase of total alkalinity and hardness of water for cultivation of Nile tilapia juveniles, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum Technology* 32 (2), 177– 183.
- CAVALCANTE, D. H.; CALDINI, N. N.; SILVA, J. L. S.; LIMA, F. R. S.; SÁ, M. V. C. 2014. Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. *Acta Scientiarum*, 36 (1): 49-54, Doi: 10.4025/actascitechnol.v36i1.18995.
- CAVALCANTE, D. H.; POLIATO, A. S.; RIBEIRO, D. C.; MAGALHÃES, F. B.; SÁ, M. V. C. 2009. Effects of CaCO<sub>3</sub> liming on water quality and growth performance of fingerlings of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31: 327-333.
- CROSSETTI, L. O.; SCHNECK, F.; FREITAS-TEIXEIRA, L. M.; MOTTA-MARQUES, D. 2014. The influence of environmental variables on spatial and temporal phytoplankton dissimilarity in a large shallow subtropical lake (lake Mangueira, southern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26: 111-118.
- EKASSARI, J.; RIVANDI, D. R.; FIRDAUSI, A. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; ZAIRIN JR, M.; BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, 441, 72-77.
- EL-SHERIF, M. S.; EL-FEKY, A. M. I. 2009. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(3): 73-84.
- EL-ZAEEM, S. Y.; AHMED, M. M. M.; SALAMA, M. E.; EL-MAREMIE, H. A. 2011. Production of salinity tolerant Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* through traditional and modern breeding methods: II. Application of genetically modified breeding by introducing foreign DNA into fish gonads. *African Journal of Biotechnology*, 10(4), 684-695.
- FAO, 2018. The State of World Fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Licence: CC BY- NC-SA 3.0 IGO. 210p.
- HERNÁNDEZ, M.; GASCA-LEYVA, E.; GRESSLER, P.; KRISE, D. 2014. Effects of farm and commercial inputs on carp polyculture performance: participatory trial in an experimental field station. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(3): 468-476. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>.

HWANG, P. P.; TUNG, Y. C.; CHANG, M. H. 1996. Effect of environmental calcium levels on calcium uptake in tilapia larvae *Oreochromis mossambicus*. Fish Physiology and Biochemistry, 15 (5): 363-370.

ITTEKKOT, V. 2003. A new story from the Ol' Man River. Science 301:56–58.

JAMES, B.K.; ADEJARE, L.I. 2010. Nutrients and phytoplankton production dynamics of a tropical harbor in relation to water quality indices. Journal of American Science, 6(9): 261-265.

KUÇUK, S. 2013. The effects of salinity on growth of goldfish, *Carassius auratus* and crucian carp, *Carassius carassius*. African Journal of Biotechnology, 12(16).

LIEW, H.J.; SINHA, A.K.; NAWATA, C.M.; BLUST, R.; WOOD, C.M.; BOECK, G. 2013. Differential responses in ammonia excretion, sodium fluxes and gill permeability explain different sensitivities to acute high environmental ammonia in three freshwater teleosts. Aquatic Toxicology, 126:63–76. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.10.012>.

LOVELL, R. T. 1998. Nutrition and feeding of fish, 2nd edition. Springer Science and Business Media, New York, New York, USA.

MAGONDU, E. W.; VERDEGEM, M.C.J.; NYAKEYA, K.; MOKAYA, M. 2015. Production of aerobic, anaerobic and anoxic bioflocs from tilapia sludge. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2(5): 347-352.

MUSTAPHA, M. K.; ATOLAGBE, S. D. 2018. Tolerance level of different life stages of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) to low pH and acidified waters. The Journal of Basic and Applied Zoology, 79(1), 46.

NABI, M.M.; HALIM, MD. A; NAHAR S. 2017. Study on production performance and economic of mono-sex tilapia culture at marginal farmer's ponds in gopalganj Bangladesh. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies; 5(3): 104-108.

NOBRE, G. R.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. Revista Caatinga [online] 2014, 27 (Abril-Junho) : [Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2018]

Disponibileen: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237131344016> ISSN 0100-316X

PEDREIRA, M. M.; TESSITORE, A. J. A., PIRES, A. V., SILVA, M. A.; SCHORER, M. 2016. Substrates for biofilter in recirculating system in Nile tilapia larviculture production. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 17(3), 553-560. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402016000300020>

- POLEO, G.; ARANBARRIO, J. V.; MENDOZA, L.; ROMERO, O. 2011. Cultivo de *cachama blanca* en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(4): 429-437.
- RANZANI-PAIVA, M.J.T.; DE PÁDUA, S.B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. 2013. Métodos para análise hematológica em peixes. Maringá: Edum. 135p.
- REBOUÇAS, V. T.; LIMA, F. R. D. S.; CAVALCANTE, D. D. H. 2016. Reassessment of the suitable range of water pH for culture of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. in eutrophic water. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38(4), 361-368.
- REBOUÇAS, V.T.; LIMA, F. R. S.; CAVALCANTE, D. H.; SÁ, M. C. V. 2015. Tolerance of Nile tilapia juveniles to highly acidic rearing water. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37 (3): 227–233.
- ROCHA, F. C.; ANDRADE E. M.; LOPES, F. B..2015. Water quality index calculated from biological, physical and chemical attributes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 4163
- ROJAS, N. E. T.; ROCHA, O. 2004. Influência da alcalinidade da água sobre o crescimento de larvas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 Perciformes, Cichlidae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 26(2): 163-167.
- SÁ, M.V.C.; BOYD, C.E. 2017. Role of salinity in the dissolution rates of  $\text{CaCO}_3$  and its implications for aquaculture liming. *Aquaculture Research*. 49(1): 576-581. <https://doi.org/10.1111/are.13489>.
- SANTOS, V. B.; MARECO, E. A.; SILVA, M. D. P. 2013. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 35 (3), 235–242.
- SEMRA, K.; KARUL, A.; YILDIRIM, Ş.; GAMSIZ, K. 2013. Effects of salinity on growth and metabolism in blue tilapia (*Oreochromis aureus*). *African Journal of Biotechnology*, 12(19).
- SILVA, E. T. L.; PEDREIRA, M. M.; DIAS, M. L. F.; TESSITORE, A. J. A.; FERREIRA, T. A. 2017. Larvas de linhagens de tilápia-do-Nilo submetidas à frequências alimentares sob baixa temperatura. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 18(1), 193-203. <https://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402017000100018>
- SMITH, C.J.; PEOPLES, M.B.; KEERTHISINGHE, G.; JAMES, T.R.; GARDEN, D.L.; TUOMI, S.S. 1994. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. *Soil Research*, 32(5): 995–1008. <https://doi.org/10.1071/SR9940995>.

SNOEYINK, V. L.; JENKINS, D. 1980. Water chemistry. John Wiley and Sons, New York, New York, USA.

STUMM, W.; MORGAN, J.J. 1996. Aquatic chemistry Chemical equilibria and rates in natural waters (3rd). Wiley Interscience, New York.

TOWNSEND, C. R.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B. 2003. Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness. Aquaculture, 215 (1-4) 103-108.

WELKER, AF, MOREIRA, DC, CAMPOS, É. G., & HERMES-LIMA, M. 2013. Papel do metabolismo redox na adaptação de animais aquáticos a mudanças drásticas na disponibilidade de oxigênio. Bioquímica e Fisiologia Comparativa Parte A: Fisiologia Molecular e Integrativa , 165 (4), 384-404.

WINDER, M.; CARSTENSEN, J.; GALLOWAY, A.W.E.; JAKOBSEN, H.H.; CLOERN, J.E. 2017. The land–sea interface: a source of high-quality phytoplankton to support secondary production. Limnology and Oceanography, 62(S1):S258-S271.  
<https://doi.org/10.1002/lno.10650>.



## 5 SILICATO DE CÁLCIO E SOLO NO CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO

### 5.1 Introdução

A produção brasileira de pescado da aquicultura vem aumentando nos últimos anos em contraste com a diminuição progressiva da pesca extrativista (FAO, 2016; 2018). A redução de capturas no Brasil vem sendo associada a poluição, degradação ambiental, habitats limitados, tornando os recursos facilmente explorados (FAO, 2016). Ocorreu um aumento do consumo per/capta nacional (FAO, 2016) e da intensificação do sistema de cultivo, tornando-se a aquicultura em caixas de água uma atividade real e passível de viabilidade (KUBITZA, 2018). Com esse crescimento a espécie de peixe mais produzida é a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) (IBGE, 2016).

Essa intensificação demanda grande consumo de água e faz-se necessário a utilização de mecanismos para controle desta água. As características físicas, químicas e biológicas da água influenciam diretamente o desempenho e a produção dos peixes (HERNÁNDEZ, 2014). Muitos viveiros são construídos em solos ácidos com valores baixos de pH, concentrações de alcalinidade reduzida e dureza, e que, para minimizar esses problemas é realizada a calagem, que consiste a aplicação de compostos ricos em cálcio ou que apresenta em sua composição cálcio e magnésio. Estes compostos reduzem a variação de pH, elevando a alcalinidade e dureza, proporcionando qualidade física, química e biológica ao solo e água (BOYD, 2012).

A importância do solo na aquicultura está diretamente relacionada com a qualidade do mesmo, e o acúmulo de sedimentos é inevitável em tanques e aquários, sendo a remoção dos sedimentos acumulados uma prática comum, porém dispendiosa e realizada de diferentes formas e frequências (YUVANATEMIYA et al., 2011). O solo tem um papel importante reagindo com a água, trocando e proporcionando o equilíbrio de diversos elementos, o que também proporciona capacidade de tamponamento, evitando flutuações ambientais. No entanto, apesar da capacidade de troca ser conhecida ela e o seu efeito de tamponamento não vem sendo quantificada para a atividade da aquicultura (BOYD; QUEIROZ, 2014).

Para manter a qualidade da água e melhorar as condições de produção dos peixes, tem se empregado produtos químicos, sendo o mais utilizados na aquicultura os materiais de calagem e os fertilizantes, tais como o calcário agrícola e cal (BOYD; MC NEVIN, 2015). O calcário calcítico e o calcário dolomítico, são normalmente empregados para isso, porém, o silicato é considerado boa alternativa para substituir a cal (SMITH et al., 1994), pois é mais solúvel do que os carbonatos (CASTRO; CRUSCIOL, 2013). Além disso, os silicatos são

importantes fontes de silício (Si) em solos altamente intemperizados, que naturalmente tem baixo teor de Si e esse composto reduz os efeitos negativos de vários estresses abióticos (NOLLA et al., 2004) e é fonte para formação de frústulas das diatomáceas (BOYD, 2014). Reis et al. (2013) realizando experimentos com aplicação no solo de silicato de cálcio no cultivo de cana-de-açúcar chegou a conclusão que a aplicação de silicato de cálcio no solo favoreceu o aumento de pH, Ca, Mg, Fe, Mn, e diminui os teores de (H+Al), matéria orgânica, Zn, Cu. Na aquicultura o silício

Portanto, o silicato de cálcio torna-se alternativa aos produtos convencionais, para a prática da calagem. Tendo o solo também capacidade tampão, o objetivo deste trabalho foi estudar o silicato de cálcio e o solo, comparando-os aos produtos convencionais, calcário calcítico e calcário dolomítico, verificando-se seus efeitos sobre a qualidade da água e estabilidade do ambiente e no desenvolvimento de juvenis de tilápia.

## 5.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante 60 dias, no Laboratório de Aquicultura e Ecologia Aquática, Departamento de Zootecnia - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina - MG (Latitude 18° 14'17" Sul, longitude 43° 36' 40" Oeste), localizado na região do Espinhaço Meridional, aprovado pela comissão de ética no uso de animais, CEUA-UFVJM, protocolo 001\2017. O experimento foi composto por cinco tratamentos, sendo estes: 1) Controle (aquário contendo apenas água); 2) Calcítico (água e carbonato de cálcio -  $\text{CaCO}_3$ ); 3) Dolomítico (água e calcário dolomítico - 70%  $\text{CaCO}_3$ • 30%  $\text{MgCO}_3$ ); 4) Solo (água e solo) e 5) Silicato (água e silicato cálcio -  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ). Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, perfazendo 25 aquários plásticos ou unidades experimentais. Em cada aquário foi adicionado 0,3 g do sal de calagem/L, com 10 litros de água, aeração constante ( $40 \text{ ml min}^{-1}$ ), sem recirculação de água, temperatura controlada ( $24,9 \pm 1,59 \text{ }^\circ\text{C}$ ), oxigênio dissolvido na água médio de  $5,36 (\pm 1,26) \text{ mg L}^{-1}$  e fotoperíodo natural de 12 h claridade e 12 h escuridão.

A água inicial do experimento apresentava alcalinidade de  $30,2 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , pH de 7,0, cálcio de  $6,0 \text{ mg L}^{-1}$ , dureza de  $17,0 \text{ mg L}^{-1}$ , sílica de  $0,02 \text{ mg L}^{-1}$  e magnésio de  $11,0 \text{ mg L}^{-1}$  e no tratamento solo foi utilizado um solo obtido no Departamento de Agronomia da UFVJM, sem a presença de folhas e raízes. As amostras de solo coletadas foram secas ao ar, homogeneizadas, peneiradas através de uma malha de 2 mm (peneira # 10), sendo utilizado  $1,2 \text{ litros de solo aquário}^{-1}$ , e depois levadas ao laboratório de fertilidade de solo para análise.

Os resultados das análises, a porção peneirada, dos solos utilizados nos aquários tem sua composição textural, granulométrica e físico-química na Tabela 1.

Tabela 7 – Valores médios e desvio da composição do solo utilizado

Composição textural	Quantidade (%)
Areia	37,8 $\pm$ 0,42b
Silte	46,0 $\pm$ 0,00a
Argila	16,2 $\pm$ 0,42c
Abertura da peneira (mm)	Quantidade retida (%)
2,00	11,6 $\pm$ 0,65c
1,00	13,6 $\pm$ 0,58c
0,50	17,4 $\pm$ 0,29b
0,250	19,0 $\pm$ 0,14b
0,106	26,7 $\pm$ 0,81a
<0,106	11,4 $\pm$ 0,82c
Características físico-químicas	Valores médios
pH	6,9 $\pm$ 0,51
Potencial redox (mV)	242,3 $\pm$ 17,55
Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )	0,03 $\pm$ 0,02
Densidade (g L <sup>-1</sup> )	1,07 $\pm$ 0,02

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

O experimento iniciou com 250 larvas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) linhagem tailandesa, pesando  $1,41 \pm 0,34$  g, comprimento total  $4,41 \pm 0,31$  cm e padrão  $3,45 \pm 0,24$  cm, e posteriormente distribuídos 15 animais por aquário com densidade de 1,5 larva L<sup>-1</sup>. Os animais foram alimentados com ração comercial 5 mm, com Proteína Bruta (mín) 560 g kg<sup>-1</sup> (56%), Extrato Etéreo (mín) 100 g kg<sup>-1</sup> (10%), Matéria Fibrosa (máx) 40 g kg<sup>-1</sup> (4%), Matéria Mineral (máx) 140 g kg<sup>-1</sup> (14%), Cálcio (mín) 30 g kg<sup>-1</sup> (3%), Cálcio (máx) 36 g kg<sup>-1</sup> (3,6%), Fósforo (mín) 15 g kg<sup>-1</sup> (1,5%), e umidade (máx.) 120 g kg<sup>-1</sup>, segundo especificações do fabricante, ofertada 20% do peso vivo, distribuídas em três refeições diárias: 8, 12 e 16 h.

Duas vezes por semana (segunda e quinta-feira) foi realizada a limpeza dos aquários por sifonamento, sendo renovados 20% do volume da água, que era repostado com solução

estoque específica de cada tratamento. A cada quinze dias (1, 15, 30, 45 e 60 dias), antes da alimentação dos peixes, foram obtidas amostras de água de cada aquário para controle dos parâmetros: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, potencial redox (mV), condutividade ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), salinidade (‰), turbidez (NTU) através de sonda medidora HORIBA U10®; alcalinidade ( $\text{mg L}^{-1}$ ), dureza ( $\text{mg L}^{-1}$ ), cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ ), magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ ), através de método titulométrico e as concentrações de amônia não ionizada ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e sílica ( $\text{mg L}^{-1}$ ) por método espectrofotométrico, conforme indicado por APHA (2012).

Para o acompanhamento do crescimento dos peixes, a cada 15 dias (1, 15, 30, 45 e 60 dias) foram realizadas mensurações de peso (g) com balança analítica com precisão de 0,01 g, comprimentos total e padrão (cm) com um paquímetro digital (Starret) com precisão de 0,02 mm, quando também foram contados o número de indivíduos, para cálculo de sobrevivência (%). A partir dos registros do consumo total de ração e dos pesos inicial e final foram calculados o ganho de peso ( $\text{g} = (\text{peso médio final} - \text{peso médio inicial})$ ), fator de condição de Fulton (K) ( $100 * \text{peso} / \text{comprimento total}^3$ ), a conversão alimentar (CA) = (consumo de ração / ganho de peso), biomassa (g) ( $\text{peso} \times \text{número de exemplares por aquário}$ ) e ganho de biomassa (g) ( $\text{biomassa final} - \text{biomassa inicial}$ ).

Para a realização das biometrias dos animais, os mesmos foram previamente anestesiados em água com solução de eugenol, preparada na dosagem de 5,0 ml de óleo de cravo para 95 ml de álcool absoluto, sendo adicionado 1 ml desta solução para cada litro de água (RANZANI -PAIVA et al., 2013).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro Wilk), homoscedasticidade e independência dos erros para validação do resultado da análise de variância pelo teste F (ANOVA) e foram atendidos. Os dados de sobrevivência foram transformados em arco-seno, para se realizar as análises estatísticas, porém sendo apresentadas em porcentagem. Para avaliar o efeito entre os tratamentos e ao longo dos dias, os dados dos animais foram submetidos à ANOVA de uma via e dos parâmetros de qualidade de água foram submetidos à ANOVA de duas vias (cinco tratamentos x três dias) e teste de Tukey ao nível de significância de 0,05, usando o software R.

### 5.3 Resultados

Os resultados das variáveis sobre o desempenho de crescimento dos juvenis de tilápia-do-Nilo são apresentados na Tabela 2 e 3. Não houve interações significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos e os dias de coleta para nenhuma das variáveis de rendimento de crescimento avaliadas. Os fatores conversão alimentar, fator de condição de Fulton e biomassa não

apresentaram diferença ( $p > 0,05$ ) estatística entre os tratamentos. O peso dos animais foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento dolomítico quando comparado ao calcítico e não diferindo dos demais tratamentos. Os comprimentos total e padrão foram maiores ( $p < 0,05$ ) no tratamento dolomítico quando comparado aos tratamentos calcítico e Solo. O consumo foi maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos calcítico e solo quando comparado com o silicato e não divergindo dos outros. O ganho de peso foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento silicato quando comparado ao solo e não diferindo dos demais tratamentos. O ganho de biomassa e a sobrevivência foram maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento calcítico em relação ao tratamento silicato e não diferindo dos demais.

O silicato de cálcio proporcionou peso, comprimento total e padrão, conversão alimentar, fator de condição de Fulton, ganho de peso e biomassa similares aos obtidos com os tratamentos empregando-se carbonato de cálcio e dolomítico. Já o consumo, ganho de biomassa e sobrevivência dos juvenis cultivados com silicato foram similares ao dos dolomítico, porém apresentando maior consumo e menores o ganho de biomassa e a sobrevivência, quando comparados aos obtidos para os juvenis cultivados com calcário calcítico. Portanto, o silicato de cálcio apresentou a mesma eficiência sobre os juvenis de tilápia, do que o calcário dolomítico, apresentando resultados próximos, mas aquém, para três dos dez parâmetros mensurados, quando comparados com o calcário calcítico, demonstrando a eficiência do silicato como material de calagem. Os juvenis cultivados em tanque com silicato de cálcio, apresentaram todos os parâmetros similares aos obtidos no tratamento controle.

Os juvenis cultivados em tanque com solo, tratamento solo, apresentaram todos os parâmetros similares aos obtidos no tratamento controle. O peso, consumo e CA, fator de condição de Fulton, ganho de peso, biomassa, ganho de biomassa e sobrevivência foram semelhantes aos dos juvenis cultivados utilizando-se os calcários dolomítico e calcítico. Quando comparados aos calcários convencionais, calcítico e dolomítico, os comprimentos, total e padrão foram inferiores. Portanto, os juvenis cultivados em tanques com solo apresentaram rendimento próximo aos obtidos com calagens tradicionais, calcítico e dolomítico.

Comparando-se os resultados dos juvenis cultivados em aquários empregando-se silicato de cálcio e solo, solo, verifica-se que peso, comprimento padrão, consumo alimentar, fator de condição de Fulton, biomassa, ganho de biomassa e sobrevivência, foram semelhantes entre os tratamentos. Já para comprimento total e ganho de peso os juvenis sob silicato foram maiores e o consumo menor.

Quando comparado os dias de coleta o peso (Tabela 2) foi maior no dia 45 ( $p<0,05$ ), seguido dos dias 60, 30, 15 e 1. O comprimento total e padrão foram maior ( $p<0,05$ ) no ultimo dia de coleta (60). O consumo foi maior no dia 45, seguido do dia 60, depois 30 e 15 e por ultimo dia 1. A conversão alimentar foi maior no dia 45 ( $p<0,05$ ), seguido dos dias 60, 30, 15. O fator de condição de Fulton (Tabela 3), o ganho de peso, a biomassa e o ganho de biomassa foram maior ( $p<0,05$ ) no dia 45 em relação aos demais dias de coleta. A sobrevivência sofreu um decréscimo com o passar dos dias.

Tabela 8 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros				
	Peso	CT	CP	Consumo	CA
Tratamento	0,0087*	0,0006*	0,0039*	0,0044*	0,7383 <sup>ns</sup>
Dia	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
InteraçãoTxD	0,9640 <sup>ns</sup>	0,9017 <sup>ns</sup>	0,7718 <sup>ns</sup>	0,0901 <sup>ns</sup>	0,9479 <sup>ns</sup>
CV (%)	17,12	6,51	11,14	94	306,78
Tratamento	Peso (g)	CT (cm)	CP (cm)	Consumo (g)	CA
Controle	3,6±2,07ab	5,4±0,83abc	4,3±0,74ab	3,4±6,79ab	0,78±1,13a
Calcítico	3,4±2,06b	5,3±0,83bc	4,2±0,84b	4,8±11,72a	0,78±1,15a
Dolomítico	3,9±2,16a	5,6±0,95a	4,6±0,94a	5,2±6,39ab	0,91±0,92a
Solo	3,4±1,90ab	5,2±0,74c	4,2±0,61b	7,2±8,28a	0,97±1,34a
Silicato	3,9±2,18ab	5,5±0,90ab	4,6±0,94ab	5,5±9,00 b	0,91±1,01a
Dia					
1	1,4±0,33e	4,4±0,30e	3,4±0,23d	-	-
15	1,9±0,30d	4,9±0,24d	3,8±0,20c	6,3±2,17c	2,05±1,16d
30	3,2±0,78c	5,8±0,47b	4,6±0,38b	12,8±1,58a	1,34±0,56c
45	6,7±0,40a	5,4±0,32c	4,8±0,93b	6,8±1,50c	0,25±0,11a
60	5,0±1,00b	6,7±0,43a	5,3±0,37a	11,1±3,37b	0,78±0,36b

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. CP = Comprimento padrão; CT= Comprimento total; CA= conversão alimentar.

Tabela 9 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos do desempenho de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros				
	K	GP	BIO	GBIO	SOB
Tratamento	0,224 <sup>ns</sup>	0,0310*	0,0879 <sup>ns</sup>	0,0252*	0,0012*
Dia	< 2e <sup>-16</sup> *	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
InteraçãoTxD	0,2270 <sup>ns</sup>	0,9648 <sup>ns</sup>	0,7249 <sup>ns</sup>	0,7906 <sup>ns</sup>	0,6007 <sup>ns</sup>
CV (%)	11,68	27,73	38,8	107,81	24,94
Tratamento	K	GP (g)	BIO (g)	GBIO (g)	SOB (%)
Controle	2,1±0,71a	2,3±2,13ab	22,6±12,28a	9,3±12,65ab	70,4±22,17ab
Calcítico	2,1±0,96a	2,1±2,04ab	26,2±14,68a	13,1±14,11a	82,0±17,88a
Dolomítico	2,0±0,90a	2,4±2,17ab	21,1±10,91a	6,0±10,76ab	64,8±27,44b
Solo	2,3±0,98a	2,0±1,89b	23,6±12,09a	8,7±12,43ab	76,4±24,63ab
Silicato	2,1±1,05a	2,5±2,14a	19,5±11,74a	5,2±12,96b	63,2±31,71b
Dia					
1	1,6±0,21b	-	14,1±3,34c	-	100,0±0,00a
15	1,6±0,11b	0,5±0,44d	16,4±2,75cb	2,3±4,29cb	84,8±10,6b2
30	1,6±0,08b	1,8±0,71c	19,8±6,13cb	5,6±7,03cb	64,4±22,56c
45	4,5±0,58a	5,3±0,46a	40,1±15,21a	25,9±15,70a	59,6±22,53cd
60	1,6±0,08b	3,6±1,00b	22,6±9,24b	8,5±10,05b	48,0±24,16d

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. K= Fator de condição de Fulton; GP= Ganho de Peso; BIO= Biomassa; GBIO= Ganho de Biomassa; Sob= sobrevivência.

Os parâmetros de qualidade de água nos diferentes tratamentos e nos dias de coleta no cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo são apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6. O pH apresentou maiores ( $p < 0,05$ ) valores nos tratamentos silicato e calcítico, seguido pelo dolomítico, solo e controle. Os parâmetros potencial Redox e condutividade elétrica não diferiram entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). A turbidez foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento solo, seguido dos tratamentos, calcítico, dolomítico, controle e silicato.

Analisando as variações entre os dias o pH apresentou maior ( $p < 0,05$ ) valor no dia 15 em relação aos dias 30, 45 e 60, indicando uma queda ao longo tempo. O potencial Redox foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 60 em relação ao dia 15 e 30, crescendo ao longo do período. A

condutividade elétrica foi similar entre si, exceto no dia 30. A turbidez foi maior ( $p < 0,05$ ) nos dias 45 e 60 em relação ao dia 1 e 30, indicando um aumento ao longo do período.

Tabela 10 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros			
	pH	ORP	Condutividade	Turbidez
Tratamento	<0,0001*	0,2505 <sup>ns</sup>	0,6149 <sup>ns</sup>	<0,0001*
Dia	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
InteraçãoTxD	0,0855 <sup>ns</sup>	0,4731 <sup>ns</sup>	<0,0001*	0,1029 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,93	60,35	38,58	80,47

  

Tratamento	Condutividade			
	pH	ORP( mV)	(mS cm <sup>-1</sup> )	Turbidez (NTU)
Controle	7,4±0,55d	148,2±52,12a	0,4±0,06a	118,7±113,67b
Calcítico	7,9±0,33ab	166,1±177,92a	0,5±0,08a	194,6±136,62b
Dolomítico	7,8±0,45bc	132,0±55,24a	0,4±0,07a	115,3±126,15b
Solo	7,5±0,48cd	135,1±58,46a	0,4±0,04a	521,2±296,43a
Silicato	8,0±0,44a	124,2±39,45a	0,7±0,09a	93,6±67,01b

  

Dia				
1	7,8±0,61ab	141,3±27,41b	0,3±0,02b	128,7±166,09b
15	8,1±0,24a	117,2±28,51b	0,2±0,01b	204,1±291,36ab
30	7,8±0,44b	144,2±46,97b	2,2±0,08a	109,1±188,85b
45	7,7±0,58bc	172,0±26,07ab	0,2±0,01b	277,8±290,35a
60	7,4±0,40c	220,0±199,6a	0,3±0,01b	275,2±257,44a

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. ORP= Potencial Redox.

A salinidade foi maior ( $p < 0,05$ ) nos tratamentos que houve adição de produtos de calagem (Calcítico, Dolomítico e Silicato) em relação aos tratamentos controle e solo. As concentrações de amônia, o nitrito e o nitrato não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. A salinidade foi menor ( $p < 0,05$ ) no dia 1 que nos demais dias, exceto no dia 45, porém mantendo-se baixa. No dia 15 e 30 a amônia foi maior ( $p < 0,05$ ) que os dias 45 e 1, e não diferiu do dia 60. Já o nitrito foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 15 e os demais



dias iguais entre si. Para o parâmetro nitrato não apresentou diferenças significativas entre os dias ( $p>0,05$ ).

Tabela 11 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros			
	SAL	Amônia	Nitrito	Nitrato
Tratamento	<0,0001*	0,0264*	0,0054 <sup>ns</sup>	0,3008 <sup>ns</sup>
Dia	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,1360 <sup>ns</sup>
InteraçãoTxD	0,3594 <sup>ns</sup>	0,0533 <sup>ns</sup>	0,0193*	0,0877 <sup>ns</sup>
CV (%)	38,07	113,59	134,39	108,36
Tratamento	SAL %	Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )
Controle	0,00±0,00b	0,5±0,71a	0,2±0,30a	0,2±0,34a
Calcítico	0,01±0,00a	0,2±0,46a	0,4±0,50a	0,4±0,60a
Dolomítico	0,01±0,00a	0,3±0,55a	0,4±0,34a	0,2±0,37a
Solo	0,00±0,00b	0,5±0,49a	0,3±0,43a	0,0±0,28a
Silicato	0,01±0,00a	0,6±0,87a	0,3±0,45a	0,1±0,31a
Dia				
1	0,00±0,00c	0,0±0,02c	0,2±0,27bc	0,2±0,35a
15	0,01±0,00ab	0,8±0,86a	0,4±0,59a	0,6±0,61a
30	0,01±0,00ab	0,8±0,82a	0,4±0,50c	0,0±0,01a
45	0,00±0,00bc	0,2±0,26bc	0,4±0,35c	0,0±0,01a
60	0,01±0,00a	0,4±0,50ab	0,3±0,25bc	0,2±0,33a

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. OD= Oxigênio Dissolvido; SAL= Salinidade.

A alcalinidade foi maior ( $p<0,05$ ) no tratamento silicato, seguido do calcítico e depois do dolomítico, e a menor alcalinidade foi nos tratamentos controle e solo, que foram similares entre si. A dureza e a quantidade de cálcio na água foram maiores ( $p<0,05$ ) nos tratamentos silicato e calcítico em relação ao controle e Solo. A dureza do tratamento dolomítico foi inferior ( $p<0,05$ ) a do silicato, porém similar a do calcítico e superior ( $p<0,05$ ) ao do controle e solo. A quantidade de magnésio na água foi menor ( $p<0,05$ ) no solo do que no silicato, e não

diferindo entre os demais tratamentos. A sílica foi maior ( $p < 0,05$ ) tratamento silicato em relação aos demais.

A alcalinidade e a sílica não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre os dias de coleta. A dureza e o cálcio da água aumentaram a partir do 15° se mantendo até o final do experimento. O magnésio dissolvido na água flutuou durante o período, tendendo um aumento ao longo do tempo.

Tabela 12 - Valores de p, coeficiente de variação, médias e desvio padrão obtidos da qualidade de água de tilápia-do-Nilo submetidas a diferentes produtos de calagem

Valores de p	Parâmetros				
	Alcalinidade	Dureza	Cálcio	Magnésio	Sílica
Tratamento	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,0194*	<0,0001*
Dia	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,3321 <sup>ns</sup>
InteraçãoTxD	0,0003*	0,0002*	0,0019*	0,3729 <sup>ns</sup>	<0,0001*
CV (%)	9,5	22,85	29,11	67,96	33,42
Tratamento	Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	Dureza (mg L <sup>-1</sup> )	Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	Sílica (mg L <sup>-1</sup> )
Controle	32,8±2,51d	49,0±16,87c	36,0±16,63c	12,0±8,53ab	0,02±0,01b
Calcítico	41,9±2,97b	93,7±26,06ab	77,3±27,78ab	16,3±9,92ab	0,01±0,00b
Dolomítico	37,0±3,15c	73,4±28,47b	58,7±24,34b	15,6±12,45ab	0,01±0,00b
Solo	29,5±2,52d	36,0±12,63c	25,6±6,02c	10,3±12,10b	0,01±0,00b
Silicato	56,2±8,80a	95,7±40,31a	79,4±30,68a	16,3±16,22a	0,04±0,00a
Dia					
1	35,0±6,31a	31,8±15,17b	23,8±13,15b	8,0±6,49c	0,02±0,01a
15	41,8±10,78a	78,8±30,92a	53,4±29,07a	25,4±12,17a	0,02±0,01a
30	42,0±11,34a	76,2±36,73a	65,4±33,45a	10,7±9,69c	0,02±0,02a
45	36,6±11,04a	83,6±42,53a	70,9±38,81a	13,0±9,25bc	0,02±0,01a
60	40,0±11,62a	82,6±21,29a	63,8±18,85a	18,8±13,45ab	0,02±0,01a

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* significativo pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

A Tabela 7 apresenta os valores dos dados de água de cada tratamento quando apresentaram interações significativas ( $p < 0,05$ ) com os dias de coleta. A condutividade

elétrica foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30 para todos os tratamentos, e no tratamento solo os menores ( $p < 0,05$ ) valores foram nos dias 15 e 45. No dia 1, o tratamento Solo apresentou o maior ( $p < 0,05$ ) valor de condutividade elétrica, e nos dias 15, 45 e 60 os tratamentos não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si, e no dia 30 o silicato apresentou maior ( $p < 0,05$ ) valor, seguido calcítico, controle e dolomítico e o menor ( $p < 0,05$ ) valor foi no tratamento solo.

O nitrato no tratamento calcítico apresentou maior ( $p < 0,05$ ) valor no dia 15, em relação aos demais dias de coleta, e os demais tratamentos não tiveram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre si. Para os dias 1, 30, 45 e 60 os tratamentos não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si, e para o dia 15 o calcítico apresentou maior valor de nitrato.

A alcalinidade para o tratamento calcítico foi maior ( $p < 0,05$ ) nos dias 15 e 30 em relação ao dia 45 e não diferiu dos dias 1 e 60, e para o tratamento silicato foi maior ( $p < 0,05$ ) nos dias 15, 30 e 60 e menor ( $p < 0,05$ ) no dia 1, para os demais tratamentos a alcalinidade não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os dias de coleta. Para todos os dias de coleta a alcalinidade foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento silicato e menor nos tratamentos controle e solo, e os tratamentos calcítico e dolomítico apresentaram valores intermediários.

Para todos os tratamentos a dureza foi menor ( $p < 0,05$ ) no dia 1 e não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os demais dias de coleta, exceto para o tratamento solo que os menores valores de dureza foram nos dias 1 e 30. No dia 1, o tratamento calcítico apresentou maior ( $p < 0,05$ ) dureza e os demais tratamentos não diferiram entre si. Nos dias 15, 30, 45 e 60 o tratamento silicato foi maior ( $p < 0,05$ ) que o tratamento controle e o solo, os demais tratamentos apresentaram valores intermediários.

O cálcio dissolvido na água foi menor ( $p < 0,05$ ) no dia 1 para os tratamentos controle, calcítico, e dolomítico, para o tratamento solo foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 60, e para o tratamento silicato foi maior ( $p < 0,05$ ) nos dias 30 e 45. No dia 1 o cálcio foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento calcítico em relação ao controle, e não diferiu dos demais. No dia 15 o silicato e o calcítico foram maiores ( $p < 0,05$ ) que o controle e o solo e o dolomítico não diferiu do calcítico. No dia 30 o calcítico, o dolomítico e o silicato apresentaram maiores ( $p < 0,05$ ) valores de cálcio que os tratamentos controle e solo, e no dia 45 os maiores ( $p < 0,05$ ) valores foram nos tratamentos calcítico e silicato. No dia 60 o cálcio foi maior ( $p < 0,05$ ) no tratamento calcítico em relação ao solo, e não diferiu dos demais.

A sílica dissolvida na água para os tratamentos calcítico, dolomítico e solo não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os dias de coleta. Para o controle foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 45 e para o silicato foi maior ( $p < 0,05$ ) no dia 30 que os dias 45 e 60, e não diferindo entre os dias 1 e 15. Nos dias 1, 15 e 30 a sílica apresentou maiores ( $p < 0,05$ ) valores no tratamento silicato, e no dia 45 o

controle e o silicato apresentaram maiores valores que o dolomítico e o solo, e no dia 60 o maior valor foi no tratamento silicato.

Tabela 13 – Médias e desvios padrões do desdobramento das interações entre tratamentos e dias das variáveis: Condutividade elétrica, turbidez, amônia, nitrito, dureza, cálcio e sílica

Tratamento	Dias				
	1	15	30	45	60
Condutividade elétrica (mV)					
Controle	1,1±0,00bB	1,9±0,00bA	2,0±0,02a	0,1±0,00b	0,2±0,00b
Calcítico	1,8±0,00bB	0,2±0,00bAB	2,1±0,02a	0,2±0,00b	0,2±0,00b
Dolomítico	1,7±0,00bB	0,2±0,00bAC	2,2±0,02a	0,1±0,00b	0,2±0,00b
Solo	6,5±0,02bA	0,1±0,00bC	1,4±0,02a	0,1±0,00b	0,1±0,00b
Silicato	2,7±0,00bB	0,3±0,00bB	3,0±0,08a	0,3±0,00b	0,3±0,00b
Turbidez (NTU)					
Controle	69,9±69,52a	43,5±19,24Ba	31,4±6,68a	145,3±139,53Ba	116,9±36,40Ba
Calcítico	101,5±55,15a	156,0±82,88Ba	42,0±13,56a	280,2±70,98Ba	286,4±208,17Ba
Dolomítico	127,3±202,34a	37,8±14,09Ba	36,3±11,43a	89,5±60Ba	190,3±172,42Ba
Solo	329,6±178,15bc	724,2±263,27abA	347,3±315,67bc	778,0±250,73aA	634,2±280,52bcA
Silicato	15,4±1,87a	59,4±22,99Ba	28,8±5,23a	121,2±53,82Ba	148,6±31,68Ba
Alcalinidade(mg L <sup>-1</sup> )					
Controle	30,2±2,28aCD	34,0±2,00aCD	34,2±1,30aCD	28,2±2,77aC	31,6±2,07aCD
Calcítico	39,8±4,77abAB	45,0±5,39aB	46,4±5,50aB	36,2±3,42bB	40,0±3,94abB
Dolomítico	35,2±5,72aBC	39,6±5,50aBC	39,8±5,72aBC	34,4±3,58aBC	37,2±6,30aBC
Solo	26,4±6,02aD	30,4±5,50aD	31,4±6,47aD	28,2±3,63aC	29,4±7,57aD
Silicato	43,2±5,72cA	60,4±4,28aA	62,6±5,03aA	53,2±3,56bA	61,4±5,94aA
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )					
Controle	0,53±0,36a	0,34±0,42a	0,01±0,01a	0,00±0,00a	0,31±0,27a
Calcítico	0,32±0,33b	1,38±0,37a	0,00±0,00b	0,02±0,01b	0,51±0,52b
Dolomítico	0,34±0,46a	0,52±0,50a	0,00±0,00a	0,02±0,02a	0,22±0,19a
Solo	0,07±0,14a	0,28±0,57a	0,00±0,00a	0,00±0,01a	0,010±0,10a
Silicato	0,18±0,17a	0,59±0,42a	0,01±0,01a	0,01±0,00a	0,18±0,21a
Dureza (mg L <sup>-1</sup> )					
Controle	17,0±4,48bB	51,0±10,85aC	49,0±4,19aB	58,0±10,96aBC	73,0±14,42aBC
Calcítico	54,0±9,63bA	94,0±17,83aAB	103,0±20,82aA	111,1±10,85aA	109,1±12,95aA
Dolomítico	30,0±3,54bAB	87,0±5,71aB	91,0±8,95aA	81,0±19,83aB	79,0±15,98aBC
Solo	21,0±13,43bB	41,0±9,63abC	22,0±2,74bB	35,0±0,00abC	61,0±20,45aC

Silicato	37,0±7,59cAB	121,1±7,42aA	117,1±18,92abA	130,1±53,32aA	91,0±10,26bAB
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )					
Controle	6,0±2,24bB	34,0±11,41abCD	41,0±6,53aB	47,0±7,59aBC	56,1±18,52aAB
Calcítico	40,0±7,91bA	71,1±22,77aAB	96,1±18,52aA	99,1±7,42aA	82,1±9,76aA
Dolomítico	25,0±3,54bAB	59,1±13,89aBC	80,1±9,36aA	63,1±21,70aB	63,1±21,11aAB
Solo	16,0±9,63bAB	15,0±5,00bD	16,0±4,19bB	29,0±2,24abC	51,0±20,76aB
Silicato	32,0±4,48cAB	88,1±13,05abA	97,1±15,26aA	112,1±49,62aA	67,1±13,98bAB
Sílica (mg L <sup>-1</sup> )					
Controle	0,02±0,00b	0,02±0,01b	0,01±0,00b	0,03±0,00a	0,00±0,00b
Calcítico	0,01±0,00b	0,01±0,01b	0,01±0,00b	0,02±0,00ab	0,01±0,00b
Dolomítico	0,01±0,00b	0,01±0,01b	0,01±0,01b	0,01±0,00bc	0,01±0,01b
Solo	0,01±0,00b	0,01±0,00b	0,01±0,00b	0,00±0,00c	0,00±0,00b
Silicato	0,03±0,01a	0,04±0,01a	0,04±0,00a	0,03±0,01a	0,03±0,00a

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

## 5.4 Discussão

A maior sobrevivência no tratamento calcítico em comparação ao dolomítico proporcionou menor crescimento em peso e comprimento dos juvenis no calcítico. Já a maior sobrevivência dos juvenis no calcítico quando comparado ao silicato levou a um maior ganho de biomassa do calcítico, visto que biomassa é o resultado do número de indivíduos pelo seu peso. Isso explica porque a maior sobrevivência resulta em maior densidade de estocagem. Com o aumento da densidade as tilápias apresentaram tendência decrescente do peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico (WU et al. 2018). Moniruzzaman et al. (2015) também verificam a diminuição de peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico, das tilápias, com o aumento da densidade, além da queda do comprimento final, porcentagem ganho de peso, ganho médio diário. Exemplos que corroboram o encontrado neste experimento. Entretanto Wu et al. (2018) observaram queda no fator de condição e aumento da conversão alimentar, tendências não observadas para as tilápias deste experimento.

Durante o experimento o pH esteve de 7,4 a 8,0, que está dentro do indicado pela resolução BRASIL - CONAMA 357/2005 classe II, específicos para aquicultura. O pH da água pode afetar alguns mecanismos fisiológicos dos animais, organismos cultivados em águas com baixo pH podem apresentar alguns problemas, como: o aumento da produção de muco e danos nas estruturas branquiais, reduzindo a capacidade respiratória (BOYD;

TUCKER, 1998). A maioria das espécies dos peixes teleósteos sobrevivem a mudanças no pH da água de 4,0 até 10,0, mas quando a exposição é em águas mais ácidas ou mais alcalinas dentro de algumas horas é letal (ZANIBONI-FILHO et al., 2002). O cultivo ideal da tilápia é em águas com pH entre 6,0 e 9,0 (BOYD;TUCKER, 1998).

As médias registradas para potencial redox apresentaram valores entre 120,0-220,0 mV, estando dentro dos valores de ORP indicado que é entre 100 e 300 mV, para garantir a sobrevivência de bactérias formadoras de metano, com isso é possível remover dióxido de carbono, hidrogênio e acetato do meio ambiente (GERARDI, 2003). ORP mede a capacidade da água de se limpar ou quebrar produtos contaminantes ou matéria orgânica de plantas e animais mortos. Quando o valor do ORP é alto, significa que existe abundância de oxigênio na água. Nestas condições bactérias que decompõem tecidos mortos e contaminantes podem trabalhar com maior eficiência. Ou seja, quanto maior o valor do ORP, mais saudável será a água (VINATEA, 2004).

A condutividade elétrica deste experimento esteve entre 0,4 a 0,8 mS cm<sup>-1</sup>, que está um pouco acima da faixa indicada (0,12 mS cm<sup>-1</sup> e 0,5 mS cm<sup>-1</sup>) para o cultivo de peixes (TAPADER, 2017). Valores elevados de condutividade elétrica são relacionados à própria dinâmica de manejo dos tanques de peixes, onde constantemente se adicionam grandes quantidades de matéria orgânica advinda da alimentação (AKKOYUNLU; AKINER, 2012). Portanto, os elevados valores se devem pela adição de ração além dos sais aplicados, o que pode explicar o menor valor observado no tratamento controle, quando comparado com o calcítico e o silicato, até porque, segundo (CASTRO; CRUCIOL, 2013) este último apresenta uma alta solubilidade.

Quanto a turbidez a Resolução BRASIL - CONAMA 357/2005 classe II, recomenda valores de até 100 NTU, e durante o experimento os valores chegaram até 520 NTU. A turbidez do tratamento solo foi superior as demais, o que pode ser explicado devido a suspensão de partículas do sedimento. A turbidez está relacionada a presença de matéria orgânica, das comunidades fitoplanctônicas e zooplanctônicas e dos detritos inorgânicos, como: areias e argilas presentes no solo (MERCANTE et al., 2007).

A salinidade da água apresentou entre 0 e 0,01 ‰, sendo observada apenas nos tratamentos onde foi aplicado produto para calagem, devido a solubilidade destes sais. Apesar do calcário agrícola ter baixa solubilidade na água, a presença de CO<sub>2</sub> acelera sua dissolução (BOYD et al., 2016). Por este motivo às vezes é aplicada matéria orgânica ao tanques no momento da calagem para aumentar a quantidade de CO<sub>2</sub> dissolvido e aumentar a solubilidade do calcário (BOYD; TUCKER, 2014). Neste experimento a própria adição de

ração fez o aporte de matéria orgânica, que acelera a dissolução dos carbonatos. No entanto, a solubilidade do calcário agrícola também é influenciada pelos níveis de alcalinidade total, onde as águas de alta alcalinidade têm menor solubilidade de  $\text{CaCO}_3$  (SÁ; BOYD, 2017).

A amônia é tóxica para animais aquáticos, especialmente em tanques com baixas concentrações de oxigênio dissolvido, e existe em duas formas: ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ) e não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ), sendo sua toxicidade atribuída principalmente à última forma. Níveis tóxicos de amônia não-ionizada para curtas exposições usualmente são reportados e ficam entre 0,6 e 2  $\text{mg L}^{-1}$ , e um equilíbrio entre as duas formas dependente do pH e da temperatura, a amônia não ionizada contribui principalmente para a toxicidade da amônia (LIEW et al., 2013). A proporção de  $\text{NH}_3$  aumenta com o aumento do pH e da temperatura (TRUSSELL, 1972). Com o pH próximo de 7,0 apenas 0,7% da amônia total está na forma tóxica ( $\text{NH}_3$ ), não sendo problema para os peixes, mas com pH de 9,0 ou superior, 40% ou mais da amônia total se encontra na forma tóxica, podendo prejudicar o crescimento ou até mesmo matar. (KUBITZA, 2018). Considerando-se a temperatura e os valores de pH observados neste experimento, associados as concentrações de amônia, este parâmetro não foi uma preocupação para a espécie. Semelhantemente Mercante et al. (2007), não descrevem que os níveis de amônia tenham interferido negativamente no cultivo das tilápias ao observarem concentrações de amônia total (0,29 a 0,42  $\text{mg L}^{-1}$ ) similares as observadas neste experimento, com a temperatura superior (27,0 a 31,8 °C) e o pH (5,6 a 6,9) ligeiramente inferior. Contudo, concentrações elevadas de cálcio e magnésio (dureza), como as aqui observadas, podem interferir na determinação da concentração de amônia (EATON et al., 2005). Cabe ainda ressaltar que a amônia não ionizada excretada pelas brânquias reage com a água para produzir  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{OH}^-$ , o que contribui para a alcalinidade (BOYD, 2016).

Concentrações acima de 0,3  $\text{mg L}^{-1}$  e 0,7  $\text{mg L}^{-1}$  de nitrito e nitrato respectivamente, podem interferir no crescimento e no sistema imunológico da maioria dos peixes de água doce (ANDRADE et al., 2016), apesar dos níveis de nitrato descritos como tóxico na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estarem acima do descrito por Andrade et al. (2016). Portanto, os parâmetros de nitrato e nitrito apresentaram-se dentro do adequado para as tilápias em todos os tratamentos.

A calagem pode aumentar a alcalinidade e a dureza e melhorar a produção de peixe em tanques ácidos (HICKLING 1962; ARCE; BOYD 1975). Segundo Boyd et al. (2016) a capacidade de neutralização de materiais de calagem baseia-se na quantidade de acidez que eles irão neutralizar em comparação com o  $\text{CaCO}_3$  puro para o qual tem um valor neutralizante de 100%. Segundo estes autores os valores neutralizantes dos outros compostos

de calagens utilizados neste experimento, silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) 86% e o calcário dolomítico ( $\text{CaCO}_3\text{:MgCO}_3$ ) 109%, estão abaixo e acima respectivamente, porém diferindo dos resultados aqui encontrados no qual o tratamento com silicato de cálcio apresentou maiores valores de alcalinidade, indicando sua eficiência como produto de calagem na aquicultura.

A alcalinidade é um parâmetro importante para a vida aquática, visto que ela indica a oferta de carbono inorgânico, fonte de nutrientes para o fitoplâncton, que tem muitas vezes como a fonte mais importante a decomposição da matéria orgânica. Contudo, quando o  $\text{CO}_2$  dissolvido está ausente, o  $\text{CaCO}_3$  se dissolve para produzir dureza e concentrações de alcalinidade (BOYD et al., 2016), sendo explicado assim as concentrações de dureza e alcalinidade obtidas neste experimento.

A água usada para a aquicultura deve ter uma alcalinidade  $\geq 20 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  (em água doce) (ANDRADE et al., 2007) e durante este experimento os valores estiveram entre 29.0 e 56.0  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . Nos tratamentos que foram aplicados produtos de calagem foram observados os maiores valores, corroborando o descrito por Burtle (2015) que afirma que a aplicação periódica de cal hidratada pode aumentar a alcalinidade e a dureza da água do lago em um tempo relativamente curto. Boyd et.al. (2016) afirmam que o calcário é importante fonte de alcalinidade, e que em uma água com 50  $\text{mg L}^{-1}$  de alcalinidade, o pH seria cerca de 8.23, mas que em muitas águas naturais com a mesma alcalinidade verifica-se valores de pH no intervalo de 7-8, porque elas são supersaturadas com  $\text{CO}_2$ .

Como a alcalinidade deste experimento esteve acima do valor indicado de 20  $\text{mg L}^{-1}$  e dentro de faixas consideradas adequadas para o cultivo de tilápia por Mercante et al. (2007) (22,72 a 27,26  $\text{mg L}^{-1}$ ) e Bart et al. (2013) (39,6 a 94,4  $\text{mg L}^{-1}$ ) os valores da alcalinidade foram propícias, apesar das variações entre tratamentos e ao longo do período de observação.

A dureza é dada pela quantidade de íons dissolvido na água, principalmente cálcio e magnésio, durante este experimento os valores estiveram entre 30 e 95  $\text{mg L}^{-1}$ . Águas comuns têm um baixo teor de dureza e sais, principalmente  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , mas se o solo contém calcário, a água pode dissolver uma quantidade de íons (BALDISSEROTTO, 2003). O calcário é importante fonte de alcalinidade e dureza assim como o silicato de cálcio e feldspatos como olivina, ortoclase e vários outros (BOYD, 2016), explicando-se assim os maiores valores de dureza nos tratamentos com aplicação de produtos para calagem.

Os peixes parecem se desenvolver sob ampla faixa de dureza. Seals et al. (1994) afirmam que a dureza da água de 12,5 a 200  $\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$  não afetou significativamente o peso, conversão alimentar, fator de condição de *Sunshine bass* após 42 dias. Já a



sobrevivência larval e o crescimento do bagre africano e do peixe-gato de prata foi maior na faixa de dureza da água de 60-70 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (TOWNSEND et al., 2003). Shaheen et al. (2017) estudando o efeito de diferentes níveis de dureza (350, 450, 550 e 650 mg L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub>) no crescimento de tilápia verificaram que não foi observada mortalidade e que a concentração preferida em que o peixe apresentou um crescimento máximo foi de 550 mg L<sup>-1</sup>. Contudo, os valores para peso e comprimento descritos estão muito próximos e com ampla variação ao redor da média, sugerindo similaridade dos resultados. Bart et al. (2013) estudando os efeitos da dureza da água de incubação nos ovos e larvas de tilápia verificaram que a sobrevivência das larvas com saco vitelino e da natação não foi diferente entre os tratamentos a um nível de dureza de 55 e 132 mg L<sup>-1</sup>. No entanto, a sobrevivência das larvas recém eclodidas e da sua natação foram maiores quando submetidas a altos níveis de dureza (544 – 4239 mg L<sup>-1</sup>) do que sob níveis de dureza extremamente baixas (55 e 132 mg L<sup>-1</sup>). Os autores ainda concluem que o efeito deletério de altas salinidades, sobre ovos de tilápia, pode ser mitigado com crescentes concentrações de dureza (BART et al., 2013). Portanto, devido a faixa de dureza observada neste experimento ter ficado dentro da considerada adequada para a espécie e devido a sua flutuação de valores dentro de um mesmo tratamento a longo do período, fica difícil de inferir qual dessas durezas seria melhor para o desenvolvimento da espécie, mesmo havendo diferença de dureza entre os tratamentos.

O cálcio de água doce é importante para a regulação de íons no peixe porque influencia a permeabilidade das membranas branquiais, evitando a perda iônica difusiva para a água. Mesmo aqueles alimentados com uma dieta deficiente em Ca<sup>2+</sup> crescem normalmente se houver Ca<sup>2+</sup> suficiente para ser absorvido na água. O cálcio também é essencial para vários processos, como a construção óssea, a coagulação sanguínea e outras funções celulares (FLIK et al., 1995). É considerado baixo teor de Ca<sup>2+</sup> quando a água apresenta 2,5 mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub> (PERRY; WOOD, 1985), valor bem abaixo do encontrado em todas os períodos e tratamentos deste experimento, indicando que o cálcio não foi fator limitante, mesmo no primeiro dia para o tratamento controle. Ainda foi observado aumento na quantidade de cálcio dissolvido na água com o passar dos dias, que pode ser explicado por Poleo et al. (2011) que afirmam que há uma entrada contínua de cálcio através do fornecimento de ração para os peixes, o que aumenta a dureza da água.

A maior parte da absorção de Mg<sup>2+</sup> em peixes de água doce se dá pela ingestão de alimentos, mas se a água apresenta quantidade adequada de Mg<sup>2+</sup>, a captação pode ser suficiente para compensar dieta com baixo teor do mesmo por algumas espécies. O elevado teor de Mg<sup>2+</sup> na água (até 50 mg L<sup>-1</sup>) não afeta a maioria das espécies de peixes (BIJVELDS

et al., 1998). Portanto, os valores de  $Mg^{2+}$  (10.0 a 16.3 mg L<sup>-1</sup>) deste experimento, que estiveram próximos entre os tratamentos, encontram-se dentro da faixa adequada.

A sílica é um dos componentes mais abundantes no ambiente, e por isso águas naturais contêm esse elemento devido à dissolução de minerais de silicato com as quais entram em contato (BOYD, 2014). Isso pode explicar a similaridade dos resultados entre os tratamentos, exceto para o que recebeu silicato de cálcio. Os trabalhos destacam a necessidade de equilíbrio do elemento sílica na aquicultura, para o fitoplâncton, base na cadeia alimentar de organismos aquáticos (WINDER et al., 2017), sendo portanto, um fator importante que afeta a produção primária (JAMES; ADEJARE, 2010). No entanto, “não existem” trabalhos relacionando o efeito do silicato e de seus níveis sobre peixes. Por comparação dos resultados de crescimento entre os tratamentos aplicados, fica a sugestão que os valores estiveram dentro ou próximos aos satisfatórios para a espécie. Contudo, mais trabalhos são necessários, com concentrações mais elevadas, até porque o silicato de cálcio é um produto em potencial para calagem.

## 5.5 Conclusão

O silicato de cálcio é uma alternativa viável e recomendada para a calagem, pois apresentou resultados de desempenho dos peixes equivalentes aos calcários calcítico e dolomítico, sais tradicionais para essa prática, e resultados superiores dos parâmetros de água, enfatizando a importância da qualidade da água no desempenho dos peixes. Os calcários calcíticos e dolomíticos mostraram-se eficientes no processo de calagem. O solo confirmou sua capacidade tampão na água, porém, mostrou-se ineficiente sozinha no processo de tamponamento.

## 5.6 Referências Bibliográficas

- AKKOYUNLU, A.; AKINER, M.E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecological Indicators*, 18:501-511. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.018>.
- ANDRADE, E.M.; DO NASCIMENTO AQUINO, D.; DE SOUSA LUNA, N.R.; LOPES, F.B.; DE ARAÚJO CRISÓSTOMO, L. Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. *Ceres*, (63)5: 621-630. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663050005>.
- ANDRADE, L.S.; ANDRADE, R.L.B.; BECKER, A.G.; ROSSATO, L.V.; ROCHA, J.F.; BALDISSEROTTO, B. Interaction of water alkalinity and stocking density on survival and

- growth of silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles. Journal of the World Aquaculture Society, 38(3): 454-458. 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00118.x>.
- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd. Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D.; Clesceri, L.S. 2012. Washington, D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1496p.
- ARANA, L.V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura. 2ed. Florianópolis: UFSC. 231p. 2004.
- ARCE, R.G.; BOYD, C.E. Effects of agricultural limestone on water chemistry, phytoplankton productivity, and fish production in soft water ponds. Transactions of the American Fisheries Society, 104:308-312. 1975.
- BALDISSEROTTO, B. Osmoregulatory adaptations of freshwater teleosts. In: Val, A.L.; Kapoor, B.G. Fish Adaptations. Enfield: Science Publishers. p. 179-201. 2003.
- BALDISSEROTTO, B. Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. Revista Brasileira de Zootecnia, 40(supl. especial):138-144. 2011.
- BART, A.N.; PRASAD, B.; THAKUR, D.P. Effects of incubation water hardness and salinity on egg hatch and fry survival of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). Aquaculture Research, 44(7): 1085-1092. 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03113.x>.
- BIJVELDS, M.J.C.; VELDEN, J.V.; KOLAR, Z.; FLIK, G. Magnesium transport in freshwater teleosts. Journal of Experimental Biology, 201(13):1981-1998.
- BOYD, C.E. Assessment of relationships between environmental factors and the new shrimp disease in Vietnam. Report to FAO Fisheries and Aquaculture, Rome, Italy. 2012.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S.. Pond aquaculture water quality management. Boston: Kluwer Academic Publishers. 700p. 1998. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>.
- BOYD, C.E.; MC NEVIN, A. A. Aquaculture, resource use, and the environment. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.. 368p. 2015. doi:10.1002/9781118857915.
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F. The role and management of bottom soils in aquaculture ponds. INFOFISH International 2: 22-28. 2014. [online] Disponível em: <<http://www.infofish.org.br>> Acesso em: 3 de maio 2018.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S.; SOMRIDHIVEJ, B. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. Journal of the World Aquaculture Society, 47(1):6-41. 2016. 10.1111/jwas.12241.
- BOYD, C.E. Silicon, diatoms in aquaculture. Global Aquaculture Advocate, 18(3):38-39.

- BRASIL, CONAMA. 2005. Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357. 2014.
- BURTLE, G. Pond fertilization and liming in Georgia. UGA Extension Bulletin 867. Athens: University of Georgia Extension. 8p. [online] URL: 2015. <[https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%20867\\_2.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%20867_2.PDF)>
- CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. *Geoderma*, 195-196:234–242. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.12.006>.
- COPATTI, C.E.; GARCIA, L.O.; KOCHHANN, D. CUNHA, M.A.; BALDISSEROTTO, B. Dietary salt and water pH effects on growth and Na<sup>+</sup> fluxes of silver catfish juveniles. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33(3): 261-266. 2011. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i3.11192>.
- FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200p.
- FAO, 2018. The State of World Fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Licence: CC BY- NC-SA 3.0 IGO. 210p.
- FLIK, G.; VERBOST, P.M.; BONGA, S.E. W. Calcium transport processes in fishes. *Fish Physiology*, 14: 317-342. 1995. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60251-4](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60251-4).
- gerardi, m.h. The microbiology of anaerobic digesters. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 188p. 2003. doi.10.1002/0471468967.
- GOLOMBIESKI, J.I. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. *Aquaculture*, 216(1-4): 95-102. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00256-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00256-9).
- HERNÁNDEZ, M.; GASCA-LEYVA, E.; GRESSLER, P.; KRISE, D. Effects of farm and commercial inputs on carp polyculture performance: participatory trial in an experimental field station. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(3): 468-476. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>.
- HICKLING, C.F. Fish culture. London: Faber and Faber. 295 p. 1962.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Produção da pecuária municipal. IBGE, 44: 1-51.
- JAMES, B.K.; ADEJARE, L.I. Nutrients and phytoplankton production dynamics of a tropical harbor in relation to water quality indices. *Journal of American Science*, 6(9): 261-265. 2010.

- KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Acqua & Imagem. 289p. 2000.
- KUBITZA, F. A onda da criação de peixes em caixas d'água. *Panorama da Aquicultura*, v.167: 15-25. 2018.
- LIEW, H.J.; SINHA, A.K.; NAWATA, C.M.; BLUST, R.; WOOD, C.M.; BOECK, G. Differential responses in ammonia excretion, sodium fluxes and gill permeability explain different sensitivities to acute high environmental ammonia in three freshwater teleosts. *Aquatic Toxicology*, 126:63–76. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.10.012>.
- MERCANTE, C.T.J.; MARTINS, Y.K.; CARMO, C.F.; OSTI, J.S.; MAINARDES-PINTO, C.S.R.; TUCCI, A. Qualidade da água em viveiro de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas. *Bioikos*, 21(2):79-88. 2007.
- MONIRUZZAMAN, M.; UDDIN, K. B.; BASAK, S.; MAHMUD, Y.; ZAHER, M.; BAI, S. C. Effects of stocking density on growth, body composition, yield and economic returns of monosextilapia (*Oreochromis niloticus* L.) under cage culture system in Kaptai Lake of Bangladesh. *Aquaculture Research & Development*, 6(8): 1. 2015. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000357>.
- NABI, M.M.; HALIM, MD. A; NAHAR S. Study on production performance and economic of mono-sex tilapia culture at marginal farmer's ponds in gopalganj Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 5(3): 104-108. 2017.
- NELSON, J.A. Physiological observations on developing rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Richardson), exposed to low pH and varied calcium ion concentrations. *Journal of Fish Biology*, 20:359–372. 1982. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb04718.x>.
- PERRY, S.F.; WOOD, C.M. Kinetics of branchial calcium uptake in the rainbow trout: effects of acclimation to various external calcium levels. *Journal of Experimental Biology*, 16(1): 411-433. 1985.
- POLEO, G.; ARANBARRIO, J.V.; MENDOZA, L.; ROMERO, O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(4):29-437. 2011.
- RANZANI-PAIVA, M.J.T.; DE PÁDUA, S.B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. Métodos para análise hematológica em peixes. Maringá: Edum. 135p. 2013.
- REIS, J.J.D.; DOS; ALOVISI, A.M.T.; FERREIRA, J.A.A; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de cálcio. *Rev. de Ciências Agrárias*, 36(1): 3-9. 2013.

- SÁ, M.V.C.; BOYD, C.E. Role of salinity in the dissolution rates of  $\text{CaCO}_3$  and its implications for aquaculture liming. *Aquaculture Research*. 49(1): 576-581. 2017. <https://doi.org/10.1111/are.13489>.
- SEALS, C.; KEMPTON, C.J.; TOMASSO, J.R. Environmental calcium does not affect production or selected blood characteristics of sunshine bass reared under normal culture conditions. *Progressive Fish-Culturist*, 56(4):269-272. 1994. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1994\)056<0269:ECDNAP>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1994)056<0269:ECDNAP>2.3.CO;2).
- SHAHEEN, F.; KOUSAR, F.; RAZA, S.I.; MAHMOOD, T.; HASSAN, S.W. Effects of salinity and hardness on the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Northern Punjab region of Pakistan. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Research*, 3(1):21-32. 2017.
- SIFA, L.; CHENHONG, L.; DEY, M.; GAGALAC, F.; DUNHAM, R. Cold tolerance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in China. *Aquaculture*, 213(1-4): 123–129. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00068-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00068-6).
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Limnologia aplicada à aquicultura. Jaboticabal: Funep. 70p. 1994.
- SMITH, C.J.; PEOPLES, M.B.; KEERTHISINGHE, G.; JAMES, T.R.; GARDEN, D.L.; TUOMI, S.S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. *Soil Research*, 32(5): 995–1008. 1994. <https://doi.org/10.1071/SR9940995>.
- TAPADER, M.M. A.; HASAN, M.M.; SARKER, B.S.; RANA, M E.U.; BHOWMIK, S. Comparison of soil nutrients, pH and electrical conductivity among fish ponds of different ages in Noakhali, Bangladesh. *Korean Journal of Agricultural Science*, 44(1): 16-22. 2017. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170002>.
- TOWNSEND, C.R.; BALDISSEROTTO, B. Survival of silver catfish fingerlings exposed to acute changes of water pH and hardness. *Aquaculture International*, 9(5):413-419. 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1020592226860>.
- TOWNSEND, C.R.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water hardness. *Aquaculture*, 215(1-4):103-108. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00168-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00168-0).
- TRUSSELL, R.P. The percent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH levels and temperatures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 29(10): 1505–1507. 1972. <https://doi.org/10.1139/f72-236>.

- WELKER, A.F.; MOREIRA, D.C.; CAMPOS, E.G.; HERMES-LIMA, M. Role of redox metabolism for adaptation of aquatic animals to drastic changes in oxygen availability. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 165(4): 384-404. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.04.003>.
- WINDER, M.; CARSTENSEN, J.; GALLOWAY, A.W.E.; JAKOBSEN, H.H.; CLOERN, J.E. The land–sea interface: a source of high-quality phytoplankton to support secondary production. *Limnology and Oceanography*, 62(S1): S258-S271. 2017. <https://doi.org/10.1002/lno.10650>.
- WU, F.; WEN, H.; TIAN, J.; JIANG, M.; LIU, W.; YANG, C.; YU, L.; LU, X. Effect of stocking density on growth performance, serum biochemical parameters, and muscle texture properties of genetically improved farm tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 26(5):1247–1259. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0281-z>.
- YUVANATEMIYA, V.; BOYD, C. E.; Thavipoke, P. Pond bottom management at commercial shrimp farms in Chantaburi Province, Thailand. *Journal of The World Aquaculture Society*, 42(5): 618-632. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00513.x>.
- ZANIBONI-FILHO, E.; MEURER, S.; GOLOMBIESKI, J.I.; SILVA, L.V.; BALDISSEROTTO, B. Survival of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) fingerlings exposed to acute pH changes. *Acta Scientiarum*, 24(4):917-920. 2002.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAL

- AKKOYUNLU, A.; AKINER, M.E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecological Indicators*, 18:501-511. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.018>.
- ALCARDE, J. C. Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA. Boletim técnico 6. 2005.
- ANDRADE, E.M.; AQUINO, D. N.; LUNA, N.R.; LOPES, F.B.; CRISÓSTOMO, L. A. 2016. Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. *Ceres*, (63)5: 621-630. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663050005>.
- ANDRADE, L. S.; ANDRADE, R. L. B.; BECKER, A. G.; ROSSATO, L. V.; ROCHA, J. F.; BALDISSEROTTO, B. Interaction of water alkalinity and stocking density on survival and growth of Silver catfish, *Rhamdia quelen*, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 38, n. 3, p. 454-458, 2007.
- APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd. Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D.; Clesceri, L.S. 2012. Washington,

D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1496p.

ARANA, L.V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura. 2ed. Florianópolis: UFSC. 231p. 2004.

ARCE, R.G.; BOYD, C.E. Effects of agricultural limestone on water chemistry, phytoplankton productivity, and fish production in soft water ponds. Transactions of the American Fisheries Society, 104:308-312. 1975.

BALDISSEROTTO, B. Osmoregulatory adaptations of freshwater teleosts. In: Val, A.L.; Kapoor, B.G. Fish Adaptations. Enfield: Science Publishers. p. 179-201. 2003.

BALDISSEROTTO, B. Water pH and hardness affect growth of freshwater teleosts. Revista Brasileira de Zootecnia, 40(supl. especial):138-144. 2011.

BARBIERI, R. C. J.; OSTRENSKY, A. N. Camarões marinhos – Engorda. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 370 p.

BART, A.N.; PRASAD, B.; THAKUR, D.P. Effects of incubation water hardness and salinity on egg hatch and fry survival of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). Aquaculture Research, 44(7): 1085-1092. 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03113.x>.

BIJVELDS, M.J.C.; VELDEN, J.V.; KOLAR, Z.; FLIK, G. Magnesium transport in freshwater teleosts. Journal of Experimental Biology, 201(13):1981-1998.

BIRCHENOUGH S.; PARKER R.; MCMANUS E.; BARRY J. Combining bioturbation and redox metrics: potential tools for assessing seabed function. Ecological Indicators, 12(1), 8–16. 2012.

BOLNER, K.C.S.; BALDISSEROTTO, B. Water pH and urinary excretion in silver catfish *Rhamdia quelen*. Journal of Fish Biology, 70:50-64. 2007.

BOYD, C. E.; MCNEVIN, A. A. Aquaculture, Resource Use, and the environment, First Edition. © 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.

BOYD, C. E. Correct liming improves pond water, bottom quality. Global Aquaculture Advocate, 58-59. 2002.

BOYD, C. E.; TEICHERT-CODDINGTON, D. Dry matter, ash, and elemental composition of pond-cultured *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris*. Journal of the World Aquaculture Society 26:88–92. 1995.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Handbook for aquaculture water quality. Handbook for Aquaculture Water Quality, 439. 2014.

BOYD, C.E. Assessment of relationships between environmental factors and the new shrimp disease in Vietnam. Report to FAO Fisheries and Aquaculture, Rome, Italy. 2012.



- BOYD, C.E. Silicon, diatoms in aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, v.18, i.3, May/June, p.38-39. 2014. <http://gaalliance.org/mag/2015/May-June/html5/index.html>
- BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F. 2014. The role and management of bottom soils in aquaculture ponds. *INFOFISH International* 2: 22-28 [online] Disponível em: <<http://www.infofish.org.br>> Acesso em: 3 de maio 2018.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S.. *Pond aquaculture water quality management*. Boston: Kluwer Academic Publishers. 700p. 1998. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3>.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S.; SOMRIDHIVEJ, B. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(1):6–41. 2016. 10.1111/jwas.12241.
- BOYD, C.E.; WOOD, C. W.; THUNJAI, T. *Aquaculture Pond Bottom Soil Quality Management*. Pond Soils. Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA. 2002.
- BRASIL, CONAMA. 2005. Resolução. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, v. 357.
- BREVES, J. P., HASEGAWA, S., YOSHIOKA, M., FOX, B. K., DAVIS, L. K., LERNER, D. T., GRAU, E. G. Acute salinity challenges in Mozambique and Nile tilapia: differential responses of plasma prolactin, growth hormone and branchial expression of ion transporters. *General and comparative endocrinology*, 167(1), 135-142. 2010.
- BURTLE, G. Pond fertilization and liming in Georgia. UGA Extension Bulletin 867. Athens: University of Georgia Extension. 8p. [online] URL: 2015. <[https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%20867\\_2.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%20867_2.PDF)>
- CALVERT, S.E. Accumulation of diatomaceous silica in the sediments of the Gulf of California. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.77, i.6, p.569-596. 1966.
- CARBAJAL, J., SÁNCHEZ, L., & PROGREBNYAK, O. Assessment and prediction of the water quality in shrimp culture using signal processing techniques. Springer. *Aquaculture International*. 2011.
- CARBAJAL-HERNÁNDEZ, J.J. SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, L. P. CARRASCO-OCHOA, J. A. MARTÍNEZ-TRINIDAD, J. F. Immediate water quality assessment in shrimp culture using fuzzy inference systems. *Expert Systems with Applications* 39, 10571–10582. 2012.
- CARDOSO FILHO, R.; CAMPECHE, D. F.; PAULINO, R. V. Tilápia em reservatório de água para irrigação e avaliação da qualidade da água. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(1). 2010.

- CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. *Geoderma*, 195-196:234–242. 2013. <https://doi:10.1016/j.geoderma.2012.12.006>.
- CAVALCANTE D.H.; SILVA S.R.; PINHEIRO P.D.; AKAO M.M.F.; SÁ M.V.C. Single or paired increase of total alkalinity and hardness of water for cultivation of Nile tilapia juveniles, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum Technology* 32 (2), 177– 183. 2012.
- CAVALCANTE, D. H.; CALDINI, N. N.; SILVA, J. L. S.; LIMA, F. R. S.; SÁ, M. V. C. Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. *Acta Scientiarum*, 36 (1): 49-54, 2014. Doi: 10.4025/actascitechnol.v36i1.18995.
- CAVALCANTE, D. H.; POLIATO, A. S.; RIBEIRO, D. C.; MAGALHÃES, F. B.; SÁ, M. V. C. Effects of CaCO<sub>3</sub> liming on water quality and growth performance of fingerlings of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 31: 327-333. 2009.
- COPATTI, C.E.; GARCIA, L.O.; KOCHHANN, D. CUNHA, M.A.; BALDISSEROTTO, B. Dietary salt and water pH effects on growth and Na<sup>+</sup> fluxes of silver catfish juveniles. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33(3): 261-266. 2011. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i3.11192>.
- COSTA, A. C. S., FERREIRA, J. C., SEIDEL, E. P., TORMENA, C. A., & PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 26(4), 467-473. 2004.
- CROSSETTI, L. O.; SCHNECK, F.; FREITAS-TEIXEIRA, L. M.; MOTTA-MARQUES, D. The influence of environmental variables on spatial and temporal phytoplankton dissimilarity in a large shallow subtropical lake (lake Mangueira, southern Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26: 111-118. 2014.
- EKASSARI, J.; RIVANDI, D. R.; FIRDAUSI, A. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; ZAIRIN JR, M.; BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, 441, 72-77. 2015.
- EL-SHAFI, S. A., EL-GOHARY, F. A., NASR, F. A., VAN DER STEEN, N. P., & GIJZEN, H. J. Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 232(1-4), 117-127. 2004.
- EL-SHERIF, M. S.; EL-FEKY, A. M. I. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(3): 73-84. 2009.
- EL-ZAEEM, S. Y.; AHMED, M. M. M.; SALAMA, M. E.; EL-MAREMIE, H. A. Production of salinity tolerant Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* through traditional and modern

- breeding methods: II. Application of genetically modified breeding by introducing foreign DNA into fish gonads. *African Journal of Biotechnology*, 10(4), 684-695. 2011.
- FAO, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture: opportunities and challenges. Roma: FAO. 2014.
- FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200p. 2016.
- FAO, 2018. The State of World Fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Licence: CC BY- NC-SA 3.0 IGO. 210p. 2018.
- FERREIRA, N. C.; BONETTI, C.; SEIFFERT, W. Q. Hydrological and water quality indices as management tools in marine shrimp culture. *Aquaculture*, v. 318, n. 3-4, p. 425-433, 2011.
- FITZSIMMONS K, MARTINEZ GR, GONZALEZ AP. Why Tilapia Is Becoming the Most Important Food Fish on the Planet. *Proceedings of the Ninth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Shanghai Ocean University, Shanghai, China. 2011, 22-24.
- FLIK, G.; VERBOST, P.M.; BONGA, S.E. W. Calcium transport processes in fishes. *Fish Physiology*, 14: 317-342. 1995. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60251-4](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60251-4).
- FOSS, A., VOLLEN, T., & ØIESTAD, V. Growth and oxygen consumption in normal and O<sub>2</sub> supersaturated water, and interactive effects of O<sub>2</sub> saturation and ammonia on growth in spotted wolffish (*Anarhichas minor* Olafsen). *Aquaculture*, 224(1-4), 105-116. 2003.
- FRANCES, J., ALLAN, G. L.; NOWAK, B. F. The effects of nitrite on the short-term growth of silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Aquaculture*, 163(1-2), 63-72. 1998.
- FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bioflocs technology (BFT) systems. *Aquaculture*, v. 321, n. 1-2, p. 130-135, 2011.
- gerardi, m.h. The microbiology of anaerobic digesters. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 188p. 2003. doi.10.1002/0471468967.
- GOLOMBIESKI, J.I. Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. *Aquaculture*, 216(1-4): 95-102. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00256-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00256-9).
- HARBORNE A.R. The ecology, behaviour, and physiology of fishes on coral reef flats, and the potential impacts of climate change. *J. Fish Biol.*, 83, 417–447. 2013.
- HERNÁNDEZ, M.; GASCA-LEYVA, E.; GRESSLER, P.; KRISE, D. Effects of farm and commercial inputs on carp polyculture performance: participatory trial in an experimental

field station. Latin American Journal of Aquatic Research, 42(3): 468-476. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>.

HERNÁNDEZ, M.; GASCA-LEYVA, E.; GRESSLER, P.; KRISE, D. Effects of farm and commercial inputs on carp polyculture performance: participatory trial in an experimental field station. Latin American Journal of Aquatic Research, 42(3): 468-476. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>.

HICKLING, C.F. Fish culture. London: Faber and Faber. 295 p. 1962.

HWANG, P. P.; TUNG, Y. C.; CHANG, M. H. Effect of environmental calcium levels on calcium uptake in tilapia larvae *Oreochromis mossambicus*. Fish Physiology and Biochemistry, 15 (5): 363-370. 1996.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil. Rio de Janeiro - Brasil, 177 p. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da pecuária municipal. IBGE,44: 1-51. 2016.

IBGE. Pesquisa no sistema SIDRA. Tabela disponível em 15 "https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940", acessada em 07/10/2017.

ITTEKKOT, V. A new story from the Ol' Man River. Science 301:56–58. 2003.

JAMES, B.K.; ADEJARE, L.I. Nutrients and phytoplankton production dynamics of a tropical harbor in relation to water quality indices. Journal of American Science, 6(9): 261-265. 2010.

KUBITZA, F. A onda da criação de peixes em caixas d'água. Panorama da Aquicultura, v.167: 15-25. 2018.

KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Acqua & Imagem. 289p. 2000.

KUÇUK, S. 2013. The effects of salinity on growth of goldfish, *Carassius auratus* and crucian carp, *Carassius carassius*. African Journal of Biotechnology, 12(16).

LIEW, H.J.; SINHA, A.K.; NAWATA, C.M.; BLUST, R.; WOOD, C.M.; BOECK, G. Differential responses in ammonia excretion, sodium fluxes and gill permeability explain different sensitivities to acute high environmental ammonia in three freshwater teleosts. Aquatic Toxicology, 126:63–76. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2012.10.012>.

LIMA, J. P. et al. Pró-Rural Aquicultura: relatos das principais ações de extensão tecnológica e um panorama do setor aquícola do estado do Amazonas, Brasil. Nexus Revista de Extensão do IFAM, Manaus, v. 1, n. 1, p. 35-45, 2015.

- LOPES, J.M.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO, B. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to different water pH. *Aquaculture International*, v.9, p.73-80, 2001.
- LOVELL, R. T. Nutrition and feeding of fish, 2nd edition. Springer Science and Business Media, New York, New York, USA. 1998.
- MAGONDU, E. W.; VERDEGEM, M.C.J.; NYAKEYA, K.; MOKAYA, M. Production of aerobic, anaerobic and anoxic bioflocs from tilapia sludge. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2(5): 347-352. 2015.
- MERCANTE, C.T.J.; MARTINS, Y.K.; CARMO, C.F.; OSTI, J.S.; MAINARDES-PINTO, C.S.R.; TUCCI, A. Qualidade da água em viveiro de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas. *Bioikos*, 21(2):79-88. 2007.
- MONIRUZZAMAN, M.; UDDIN, K. B.; BASAK, S.; MAHMUD, Y.; ZAHER, M.; BAI, S. C. Effects of stocking density on growth, body composition, yield and economic returns of monosextilapia (*Oreochromis niloticus* L.) under cage culture system in Kaptai Lake of Bangladesh. *Aquaculture Research & Development*, 6(8): 1. 2015. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.1000357>.
- MOOIJ, P.R.; de JONGH, L.D.; van LOOSDRECHT, M.C.M.; KLEEREBEZEM, R. 2015. Influence of silicate on enrichment of highly productive microalgae from a mixed culture. *Journal of Applied Phycology*, v.27, i.4, p.1-5. doi: 10.1007/s10811-015-0678-2
- MOYLE, J.B. Some indices of lake productivity. *Transactions of the American Fisheries Society* 76:322–334. 1946.
- MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura Brasília, 60 p. 2001. Disponível em: [http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes\\_e\\_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL4.doc](http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL4.doc)
- MUSTAPHA, M. K.; ATOLAGBE, S. D. Tolerance level of different life stages of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) to low pH and acidified waters. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, 79(1), 46. 2018.
- NABI, M.M. ABDUL HALIM, MD., NAHAR S. Study on production performance and economic of mono-sex tilapia culture at marginal farmer's ponds in gopalganj Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 5(3): 104-108. 2017.
- NELSON, J.A. Physiological observations on developing rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Richardson), exposed to low pH and varied calcium ion concentrations. *Journal of Fish Biology*, 20:359–372. 1982. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb04718.x>.

- NOBRE, G. R.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. Revista Caatinga [online] 2014, 27 (Abril-Junho) : [Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237131344016> ISSN 0100-316X
- NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean disease control. Journal of Plant Nutrition 29:2049-2061. 2006.
- PARRA, J.E.G.; BALDISSEROTTO, B. Effect of water pH and hardness on survival and growth of freshwater teleosts. Fish osmoregulation. New Hampshire: Science Publishers, p.135-150. 2007.
- PAUL, T. K. AND ALAM, M. M. Potential of using rice-husk ash as liming material in aquaculture. Bangladesh J. Fish. Res., 15-16, 2011-12: 1-14
- PEDREIRA, M. M.; TESSITORE, A. J. A.; PIRES, A. V.; SILVA, M. A.; SCHORER, M. Substrates for biofilter in recirculating system in Nile tilapia larviculture production. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 17(3), 553-560. 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402016000300020>
- PERRY, S.F.; WOOD, C.M. Kinetics of branchial calcium uptake in the rainbow trout: effects of acclimation to various external calcium levels. Journal of Experimental Biology, 16(1): 411-433. 1985.
- PINEDA-MENDOZA, R. M., ZÚÑIGA, G., MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F. Microcystin production in *Microcystis aeruginosa*: effect of type of strain, environmental factors, nutrient concentrations, and N:P ratio on *mcyA* gene expression. AquatEcol. 2016. 50: 103. <https://doi.org/10.1007/s10452-015-9559-7>
- POLEO, G.; ARANBARRIO, J. V.; MENDOZA, L.; ROMERO, O. Cultivo de *Cachama blanca* en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 4, p. 429-437, 2011.
- RANZANI-PAIVA, M.J.T.; DE PÁDUA, S.B.; TAVARES-DIAS, M.; EGAMI, M. Métodos para análise hematológica em peixes. Maringá: Edum. 135p. 2013.
- REBOUÇAS, V. T.; LIMA, F. R. D. S.; CAVALCANTE, D. D. H. Reassessment of the suitable range of water pH for culture of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. in eutrophic water. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 38(4), 361-368. 2016.
- REBOUÇAS, V.T.; LIMA, F. R. S.; CAVALCANTE, D. H.; SÁ, M. C. V. Tolerance of Nile tilapia juveniles to highly acidic rearing water. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 37 (3): 227–233. 2015.

- REIS, J.J.D.; DOS; ALOVISI, A.M.T.; FERREIRA, J.A.A; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de cálcio. *Rev. de Ciências Agrárias*, 36(1): 3-9. 2013.
- ROCHA, F. C.; ANDRADE E. M.; LOPES, F. B.. Water quality index calculated from biological, physical and chemical attributes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 4163. 2015.
- ROJAS, N. E. T.; ROCHA, O. Influência da alcalinidade da água sobre o crescimento de larvas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 Perciformes, Cichlidae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 26(2): 163-167. 2004.
- SÁ, M.V.C.; BOYD, C.E. Role of salinity in the dissolution rates of  $\text{CaCO}_3$  and its implications for aquaculture liming. *Aquaculture Research*. 49(1): 576-581. 2017. <https://doi.org/10.1111/are.13489>.
- SANTOS, V. B.; MARECO, E. A.; SILVA, M. D. P. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 35 (3), 235–242. 2013.
- SEALS, C.; KEMPTON, C.J.; TOMASSO, J.R. Environmental calcium does not affect production or selected blood characteristics of sunshine bass reared under normal culture conditions. *Progressive Fish-Culturist*, 56(4):269-272. 1994. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1994\)056<0269:ECDNAP>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1994)056<0269:ECDNAP>2.3.CO;2).
- SEMRA, K.; KARUL, A.; YILDIRIM, Ş.; GAMSIZ, K. Effects of salinity on growth and metabolism in blue tilapia (*Oreochromis aureus*). *African Journal of Biotechnology*, 12(19). 2013.
- SHAHEEN, F.; KOUSAR, F.; RAZA, S.I.; MAHMOOD, T.; HASSAN, S.W. Effects of salinity and hardness on the growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Northern Punjab region of Pakistan. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Research*, 3(1):21-32. 2017.
- SHIRAKAWA H., YANAI S. AND GOTO A., Lamprey larvae as ecosystem engineers: physical and geochemical impact on the streambed by their burrowing behavior. *Hydrobiologia*, 701, 313–322. 2013.
- SIFA, L.; CHENHONG, L.; DEY, M.; GAGALAC, F.; DUNHAM, R. Cold tolerance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in China. *Aquaculture*, 213(1-4): 123–129. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00068-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00068-6).
- SILVA, E. T. L.; PEDREIRA, M. M.; DIAS, M. L. F.; TESSITORE, A. J. A.; FERREIRA, T. A. Larvas de linhagens de tilápia-do-Nilo submetidas à frequências alimentares sob baixa

- temperatura. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 18(1), 193-203. 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402017000100018>
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. *Limnologia aplicada à aquicultura*. Jaboticabal: Funep. 70p. 1994.
- SKOV, P. V.; LARSEN, B. K.; FRISK, M.; JOKUMSEN, A. Effects of rearing density and water current on the respiratory physiology and haematology in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* at high temperature. *Aquaculture*, v. 319, n. 3-4, p. 446-452, 2011.
- SMITH, C.J.; PEOPLES, M.B.; KEERTHISINGHE, G.; JAMES, T.R.; GARDEN, D.L.; TUOMI, S.S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. *Soil Research*, 32(5): 995–1008. 1994. <https://doi.org/10.1071/SR9940995>.
- SNOEYINK, V. L.; JENKINS, D. *Water chemistry*. John Wiley and Sons, New York, New York, USA. 1980.
- SOUZA, R. A.; PADUA, D. M. C.; OLIVEIRA, R. P. C.; MAIA, T. C. B. Análise econômica da criação de tambaqui em tanques-rede: estudo de caso em assentamento da reforma agrária. *Custos e @gronegócio on line*, Recife, v. 10, n. 1, jan./mar. 2014.
- STERBA G. *Freshwater Fishes of the World* Vista Books, London, 1962.
- STUMM, W.; MORGAN, J.J. *Aquatic chemistry* Chemical equilibria and rates in natural waters (3rd). Wiley Interscience, New York. 1996.
- SUDARNO, U.; WINTER, J.; GALLERT, C. Effect of varying salinity, temperature, ammonia and nitrous acid concentrations on nitrification of saline wastewater in fixed-bed reactors. *Bioresource technology*, 102(10), 5665-5673. 2011.
- SUMAGAYSAY-CHAVOSO, N.S., Nitrogen and phosphorus digestibility and excretion of different-sized groups of milkfish (*Chanos chanos Forsskal*) fed formulated and natural food-based diets. *Aquac. Res.* 34, 407–418. 2003.
- TAPADER, M.M. A.; HASAN, M.M.; SARKER, B.S.; RANA, M E.U.; BHOWMIK, S. Comparison of soil nutrients, pH and electrical conductivity among fish ponds of different ages in Noakhali, Bangladesh. *Korean Journal of Agricultural Science*, 44(1): 16-22. 2017. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170002>.
- TOWNSEND, C.R.; BALDISSEROTTO, B. Survival of silver catfish fingerlings exposed to acute changes of water pH and hardness. *Aquaculture International*, 9(5):413-419. 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1020592226860>.
- TOWNSEND, C.R.; SILVA, L.V.F.; BALDISSEROTTO, B. Growth and survival of *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Pimelodidae) larvae exposed to different levels of water



hardness. *Aquaculture*, 215(1-4):103-108. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00168-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00168-0).

TRUSSELL, R.P. The percent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH levels and temperatures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 29(10): 1505–1507. 1972. <https://doi.org/10.1139/f72-236>.

VINATEA, L. A. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura. 2 ed. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina : Florianópolis. 2004.

WELKER, A.F.; MOREIRA, D.C.; CAMPOS, E.G.; HERMES-LIMA, M. Role of redox metabolism for adaptation of aquatic animals to drastic changes in oxygen availability. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 165(4): 384-404. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.04.003>.

WINDER, M.; CARSTENSEN, J.; GALLOWAY, A.W.E.; JAKOBSEN, H.H.; CLOERN, J.E. 2017. The land–sea interface: a source of high-quality phytoplankton to support secondary production. *Limnology and Oceanography*, 62(S1):S258-S271. <https://doi.org/10.1002/lno.10650>.

WU, F.; WEN, H.; TIAN, J.; JIANG, M.; LIU, W.; YANG, C.; YU, L.; LU, X. Effect of stocking density on growth performance, serum biochemical parameters, and muscle texture properties of genetically improved farm tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 26(5):1247–1259. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0281-z>.

YUVANATEMIYA, V.; BOYD, C. E.; Thavipoke, P. Pond bottom management at commercial shrimp farms in Chantaburi Province, Thailand. *Journal of The World Aquaculture Society*, 42(5): 618-632. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00513.x>.

ZANIBONI-FILHO, E.; MEURER, S.; GOLOMBIESKI, J.I.; SILVA, L.V.; BALDISSEROTTO, B. Survival of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) fingerlings exposed to acute pH changes. *Acta Scientiarum*, 24(4):917-920. 2002.